

Petri Nevalainen

# Mikrobiologiset näytteenottomenetelmät home- ja kosteusvaurioituneessa rakennuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työjohto

Mestarityö

20.11.2014

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Petri Nevalainen Mikrobiologiset näytteenottomenetelmät home- ja kosteus- vaurioituneessa rakennuksessa.  42 sivua + 3 liitettä 20.11.2014
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat	Lehtori Jouni Kalliomäki Toimitusjohtaja Harri Komu
<p>Tämän työn tarkoituksena oli koota yhteen oleelliset tiedot home- ja kosteusvaurioista sekä luoda ohjeistus, jossa annetaan suositukset, minkälaisissa home- ja kosteusvauriotapauksissa tai -epäilyissä kannattaisi käyttää homekoiraa apuna ja milloin kannattaisi asiakkaalle suositella mikrobinäytteen ottamista. Missä välissä projektia mikrobinäytteet kannattaisi ottaa ja minkälaiset näytteet tilanteeseen sopisivat parhaiten? Ohjeistus on toteutettu muutaman tyypillisen esimerkkitapauksen avulla. Esimerkkitapaukset ovat työn lopussa.</p> <p>Työ tehtiin PK Kuivaus Oy:n työntekijöiden käyttöön. Tämän hetkinen tilanne mikrobinäytteiden oton suhteen PK Kuivauksella selvitettiin haastattelemalla yrityksen toimitusjohtajaa sekä kahta kosteuskartoittajaa. Teoriaosuus tehtiin tutustumalla alan kirjallisuuteen, lehtiin ja muihin lähteisiin sekä haastattelemalla homekoirayrittäjää ja PK Kuivauksen toimitusjohtajaa.</p> <p>Teoriaosuudessa käsiteltiin home- ja kosteusvaurion synty, annettiin kuva home- ja kosteusvaurioiden laajuudesta ja taloudellisista ja terveydellisistä vaikutuksista tällä hetkellä Suomessa. Lisäksi esiteltiin mikrobinäytteenottomenetelmät, jotka ovat materiaalinäytteen ottaminen, pyyhintänäytteen ottaminen ja sisäilmanäytteen ottaminen.</p>	
Avainsanat	Homevaurio, kosteusvaurio, sisäilma, mikrobinäyte

Author(s) Title  Number of Pages Date	Petri Nevalainen Microbiological Sampling Methods in Damp and Mould Damaged Building.  42 pages + 3 appendices 20 November 2014
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Specialisation option	Building Construction
Instructor(s)	Jouni Kalliomäki, Senior Lecturer Harri Komu, CEO
<p>This thesis explains, which are the most common causes for dampness and mould-damages, how common significant damp and mould damage in Finnish buildings is and what kind of health and economic consequences they have. The study describes how to take microbiological samples. The idea was to create instructions for PK Kuivaus which helps research workers to decide when to take microbiological samples and what kind of sample would be the best for this specific case or when it is advisable to use a mould dog.</p> <p>Subscriber of the thesis is PK Kuivaus Oy. Harri Komu, CEO, and two mould researchers were interviewed to determine the situation of taking microbiological samples at the moment in PK Kuivaus. Related literature, magazines and the internet were used as the sources of information for this thesis. A mould dog entrepreneur was also interviewed.</p> <p>As a result, Instructions were created by using a few typical examples of damp and mould-damages or damp and mould-damage suspicions.</p> <p>.</p>	
Keywords	Mould damage, damp damage, indoor air, microbe sample

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Home- ja kosteusvauriot ja niiden yleisyys	3
2.1	Rakenteiden kosteusvaurioitumisen periaate	3
2.2	Rakenteen homevaurion synty	4
2.3	Home- ja kosteusvaurioiden yleisimmät aiheuttajat	7
2.4	Home- ja kosteusvaurioiden laajuus tällä hetkellä Suomessa	10
2.5	Home- ja kosteusvaurioiden terveydelliset ja taloudelliset kustannukset	14
3	Mikrobiologiset näytteenottomenetelmät	17
3.1	Rakenteiden avaaminen	19
3.2	Homekoiran käyttö mikrobikasvuston paikantamiseen	20
3.3	Mikrobinäytteen ottaminen	22
3.3.1	Pintanäytteen ottaminen	22
3.3.2	Rakennusmateriaalinäytteen ottaminen	24
3.3.3	Mikrobinäytteen ottaminen sisäilmasta	25
3.4	VOC-yhdisteet	29
4	Mikrobiologisten näytteiden otto tällä hetkellä PK Kuivauksella	30
5	Mikrobiologisten näytteidenoton tulevaisuuden näkymät	32
5.1	Tulevaisuuden näytteenottomenetelmät sisäilmatutkimuksessa	32
5.2	Homekoirayrittäjille tulossa yhteinen tasotesti	34
6	Johtopäätökset	35
7	Esimerkkitapaukset toimintaohjeineen	35
8	Yhteenveto	42
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1. Impaktorinäytteenoton valmistelu ja toteutus (ilmanäyte)	
	Liite 2. Mikrobionin ohje materiaalinäytteen ottamiseksi	
	Liite 3. Mikrobionin ohje pintanäytteen ottamiseksi (pyyhintänäyte)	

## Lyhenteet ja avainsanojen määritelmät

### ABSOLUUTTINEN KOSTEUS

Absoluuttisella kosteudella tarkoitetaan ilman sisältämää vesihöyrymäärää ( $\text{g/m}^3$ ) tai ( $\text{g/kg}$ ) [1, s. 3].

### AKTINOMYKEETIT

Aktinomykeetit ovat gram-positiivisia bakteereita, joilla on kyky muodostaa rihmastoja ja itiöitä. Aktinomykeettejä kutsutaan myös sädesieniksi. Aktinomykeetit tuottavat maakellarimaisen hajun. [2, s. 144.]

### ALTISTUMINEN

Tilanne, jossa sisäympäristössä oleva tekijä (fysikaalinen, biologinen tai kemiallinen) joutuu kosketukseen ihmisen kanssa. Em. tekijän hengittäminen, nieleminen, kosketus silmiin tai iholle ovat altistumista. Altistuminen ei tarkoita sairastumista, mutta voi johtaa siihen. [3, s. 32.]

### HOME

Puhekielessä homeella kosteus- ja homevaurioissa tarkoitetaan home- ja hiivasieniä ja tiettyjä bakteereita, jotka kasvavat kastuneissa materiaaleissa [3, s. 32].

### KONTAMINAATIO

Kontaminaatio tarkoittaa ei-toivotun osatekijän läsnäoloa esimerkiksi materiaalissa, kappaleessa tai luonnonympäristössä. Yleensä kontaminaatiosta seuraa erilaisia haittavaikutuksia tai riskejä. Esimerkiksi osa kipsilevyn pintaa, jossa kasvaa homea on kontaminoitunut. [4.]

### KOSTEUSVAURIO

Liiallisesta tai pitkäaikaisesta kosteudesta aiheutuva materiaalin tai rakenteen kosteussietokyvyn ylittyminen tai ominaisuuksien muuttuminen siten, että rakenne tai rakenteen osa tulee korjata tai vaihtaa. [3, s. 32.]

## KOSTEUS- JA HOMEVAURIO

	Kosteusvaurio, jossa todetaan home- ja hiivasieni ja / tai bakteerikasvustoja [3, s. 32].
MIKROBI	Mikrobeilla tarkoitetaan home- ja hiivasieniä sekä bakteereita [2, s. 145].
MIKROBIVAURIO	Mikrobivaurio tarkoittaa bakteereiden, home- ja hiivasienten tai lahottajien haitallista esiintymistä rakennuksessa [3, s. 33].
OHJEARVO	Viranomaisten antamat ohjearvot (esim. Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohje) määrittävät eri tekijöiden määrää tai pitoisuutta sisäilmassa, jota ei tule ylittää [3, s. 33].
RISKIRAKENNE	Rakenneratkaisu, joka tiedetään kosteus- ja homevaurioille alttiiksi [5].
SISÄILMA	Sisäilma on sisätiloissa hengitettävä ilma, jossa ilman perusosien lisäksi saattaa olla eri lähteistä peräisin olevia kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia. Sisäilma on rakenteiden rajaamalla alueella olevaa ilmaa. [6.]
SUHTEELLINEN KOSTEUS	Suhteellisella kosteudella tarkoitetaan ilmassa olevan vesihöyryn määrän suhdetta ilman lämpötilaa vastaavaan kylläystskosteuteen. Suhteellinen kosteus (RH) ilmaistaan prosentteina. [1, s. 3.]
VAURIOALUE, -PINTA	Sellainen rakennuksen sisäpinnan alue tai rakenteen osa, jossa on havaittavissa tai voidaan epäillä olevan näkyvää mikrobikasvustoa tai alueella on selviä kosteusjälkiä. Kas-

vuston esiintyminen tulee varmentaa mikrobiologisin menetelmin. [2, s. 145.]

#### VERTAILUNÄYTE

Sellainen pinta-, materiaali- tai ilmanäyte, joka on otettu vastaavasta rakennuksen sisäpinnan alueesta, rakenteen osasta tai tilasta kuin vaurionäyte, mutta jossa ei ole näkyvää kasvustoa, kosteusjälkiä, poikkeavaa hajua ja jonka asukkaat eivät oireile [2, s. 145].

#### VIITEARVO

Sisäilman laatua arvioitaessa viitearvolla tarkoitetaan yksittäisten tekijöiden (esim. kemialliset yhdisteet, fysikaaliset suureet, biologiset epäpuhtaudet) tutkimuksissa todettua (mitattua) määrää tai pitoisuutta sisäilmassa. Tarkastelu usein perustuu tutkimusaineiston tilastolliseen käsittelyyn. Viitearvo P50 kuvaa tavanomaista sisäilman laatutasoa ja viitearvo P90 kuvaa tasoa, jonka ylitys viittaa selvästi epätyydyttävän epäpuhtauslähteen olemassaoloon.

#### VOC-YHDISTEET

Volatile Organic Compounds = Haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden lähteitä ovat ennen kaikkea rakennus- ja sisustusmateriaalit. [6.]

## 1 Johdanto

Rakenteiden kastuminen ja mikrobien kertyminen kastuneiden rakenteiden pinnoille johtaa siihen, että huoneen sisäilmaan voi siirtyä vaurioituneista ja kastuneista rakenteista ja niiden mikrobikasvustoista erilaisia epäpuhtauksia, esimerkiksi mikrobeja, itiöitä ja rihmaston kappaleita. Ilmasta ne kulkeutuvat silmiin, hengitysteihin ja iholle. Näin ihminen altistuu home- ja kosteusvauriolle. [6.] Mikrobialtistuksen tyypillisiä oireita ovat ihon, silmien ja hengitysteiden limakalvojen ärsytysoireet, kuten nenän tukkoisuus ja nuha, yskä, äänen käheys ja limannousu keuhkoista, toistuvat nenäverenvuodot, hengitysvaikeudet ja hengenahdistus. [7, s. 152.] Pahimmissa tapauksissa poikkeuksellisen mikrobialtistuksen seurauksena voi kehittyä pitkäaikaissairaus kuten allerginen nuha, krooninen keuhkoputkentulehdus, astma, ihottuma tai alveoliitti. [7, s.152.]

Home- ja kosteusvaurioita on olemassa monentyyppisiä. On tapauksia, joissa rakenteissa on selvästi näkyvää mikrobikasvustoa, tai on havaittu kosteusvaurio, muttei tiedetä onko rakenteisiin ehtinyt kehittyä mikrobikasvustoa. Joskus taas on vain epäily, että rakenteissa saattaa olla home- ja kosteusvaurio, vaikkei mitään siihen viittaavaa näy rakenteissa konkreettisesti. Yleensä tällainen epäily syntyy siitä, että ihmiset oireilevat rakennuksessa ollessaan tai rakennuksessa esiintyy esimerkiksi voimakasta maakellarimaista hajua, joka usein indikoi, että rakennuksessa on homevaurio.

Homevaurion todentamiseen voidaan rakennuksesta ottaa mikrobiologisia näytteitä. Mikrobiologisia näytteitä voidaan ottaa kolmella tavalla: materiaalinäytteenä, pinnan pyyhintänäytteenä tai ilmanäytteenä. Lisäksi mikrobivaurioiden paikallistamiseen voidaan käyttää apuna homekoiraa.

Tämä työ toteutetaan PK Kuivaus Oy:lle, joka on erikoistunut kosteus- ja mikrobivaurioalaan. Yritys tekee kosteus- ja vauriokartoituksia lähinnä vesivahinkokohteissa. Tämän työn tarkoituksena on antaa PK Kuivauksen työntekijöille ohjeistus siihen, mikä mikrobiologinen näytteenottomenetelmä soveltuu parhaiten kunkin tyyppiseen kosteus- ja homevauriotapaukseen tai -epäilyyn ja missä vaiheessa projektia näytteet olisi hyvä ottaa ja miksi. Työssä annetaan suositukset myös siitä, milloin apuna kannattaisi käyttää homekoiraa. Työssä keskitytään lähinnä asuinrakennuksiin. Itse näytteenotto tehdään näytteet tutkivan laboratorion kirjallisten ohjeiden mukaan. Liitteessä 1 on esitetty



Asumisterveysoppaan ohje sisäilmanäytteenottoon. Pyyhintänäytteenoton ja materiaalinäytteenoton yleisperiaatteet on esitelty teoriaosuudessa sekä liitteissä 2 ja 3.

PK Kuivaus Oy:ssä työskentelee toimitusjohtajan lisäksi kolme RATEKO:n rakenteiden kosteudenmittaaja -koulutuksen saanutta kosteuskartoittajaa, kymmenen rakenteiden purkuun, kunnostamiseen, desinfiointiin ja kuivausten asentamiseen erikoistunutta rakennusmiestä sekä heidän esimiehensä. PK Kuivauksessa otetaan ajoittain myös mikrobiinäytteitä, ja tämän työn tarkoituksena onkin vahvistaa tätä osa-aluetta yrityksen toiminnassa.

Työn toteuttamiseen johti ajatus siitä, että jossain vaiheessa saatetaan yrityksen toimintaa laajentaa kuntoarvioiden ja kuntotutkimusten suuntaan, ja mikrobiologisten näytteiden otto on osa tätä toiminta-aluetta.

PK Kuivauksen nykyinen osaamis- ja tietotaso mikrobiologisten näytteiden otosta selvitetään haastattelemalla toimitusjohtajaa Harri Komua sekä kosteuskartoittajia. Laaditaan teoriaosuus sekä käytännön toimintaohjeet alan kirjallisuutta, alan lehtiä ja internetin eri tietolähteitä hyväksi käyttäen. Toimintaohjeet ovat yrityksen tukena, kun suunnitellaan mikrobiinäytteen ottamista. Lisäksi tämän työn lukemalla työntekijöiden tietämystä mikrobiinäytteenottamisesta ja yleisesti home- ja kosteusvaurioista saadaan parannettua ja yhtenäistettyä. Yritys voi myös markkinoida asiakkailleen, että yrityksessä on perehdytty mikrobiologisten näytteiden ottoon tämän työn muodossa.

## 2 Home- ja kosteusvauriot ja niiden yleisyys

### 2.1 Rakenteiden kosteusvaurioitumisen periaate

Rakenteiden kosteusvaurioitumisen yleisperiaate on, että mikäli rakenteen kosteuspiitoisuus on liian korkea liian kauan, rakenne kosteusvaurioituu. Eri vauriotapahtumat alkavat tapahtua eri kosteuspiitoisuuksissa, ja eri materiaalit vaurioituvat eri tavoin eli suoranaista vastausta siihen, mitä tarkoittaa liian korkea kosteuspiitoisuus liian kauan, ei ole olemassa. Lämpötilan nousu kuitenkin yleensä nopeuttaa vaurioitumista. [8, s. 6]. Rakenteiden kosteuspiitoisuuteen vaikuttaa rakenteeseen tuleva kosteusvirta, rakenteesta poistuva kosteusvirta sekä rakenteen kyky sitoa kosteutta. Kun rakenteeseen tulee kosteutta enemmän kuin siitä poistuu kosteutta, alkaa rakenteen kosteuspiitoisuus nousta. Se, missä vaiheessa rakenne alkaa vaurioitua ylimääräisestä kosteudesta, riippuu rakenteen kosteudensitomiskyvystä. Jos rakenteella on suuri kosteudensitomiskyky, kestää kosteudenpiitoisuuden nousu kauemmin niin korkeaksi, että rakenne alkaa vaurioitua. [8, s. 32.]

Kun rakenne kosteusvaurioituu, seurauksena voi olla mm. materiaalin lujuuden menetystä (rakenteen romahdusriski), terveydelle haitallisten epäpuhtauksien pääsy sisäilmaan, kasvavaa energian tarvetta rakenteessa, tilojen käytön estymistä ja esteettisiä haittoja [8, s. 8]. Kastuessaan rakenteen lämmöneristävyys heikkenee, koska kastunut materiaali johtaa paremmin lämpöä. Lisäksi rakenteen haihduttaessa kosteutta pois siihen kuluu energiaa. Tähän perustuen myös lämpökameraa voidaan kosteusmittarien ohella käyttää apuna kosteusvauriokartoituksissa, esimerkiksi korkeiden tilojen sisäkattojen tai seinien kosteustilaa arvioitaessa [9].

Liiallisen kosteuden aiheuttamia haittavaikutuksia materiaaleissa voi olla

- kemiallinen turmeltuminen
- fysikaalinen turmeltuminen, kuten puun turpoaminen kastuessaan
- sähkökemiallinen turmeltuminen
- likaantuminen
- biologinen turmeltuminen, kuten homehtuminen ja lahoaminen, joista seuraa sisäilmaongelmia [8, s. 8.]

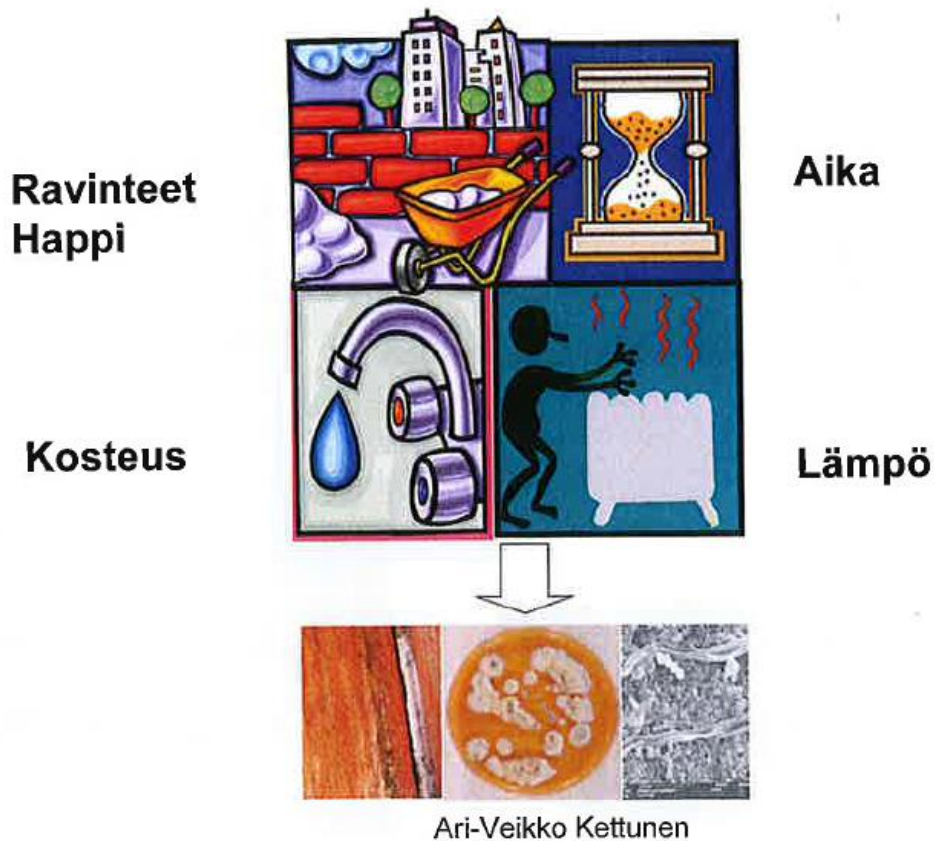
Kun rakennusmateriaalit homehtuvat tai lahoavat ja niillä on yhteys sisäilmaan, vapautuu niistä sisäilmaan epäpuhtauksia kuten mikrobeja, itiöitä ja rihmaston kappaleita.

Vaikka rakenne ei ehtisi olla märkänä niin kauan, että homehtuminen ehtisi alkaa, saat-  
taa rakennusmateriaaleista päästä kastuessaan sisäilmaan haitallisia päästöjä eli  
emissioita. Esimerkiksi tasoitteiden kastuessa niistä voi vapautua sisäilmaan haitallisia  
määriä ammoniakkia.

## 2.2 Rakenteen homevaurion synty

Jotta kosteus- ja homevaurio pääsee syntymään, täytyy seuraavien viiden vaatimuksen  
täyttyä. Nämä vaatimukset on esitetty kuvassa 1.

### Kosteus- ja homevaurion synty



Kuva 1. Kosteus- ja homevaurion synty. [8, s. 11].

- Ravinteet. Homesienet ja mikrobit voivat kasvaa missä tahansa; jopa pinnoilla oleva pöly sisältää riittävästi ravinteita homesienten kasvun käynnistymiseen. [10, s. 65.]

- Happi. Kosteus- ja homevaurion synty vaatii happea [8, s. 11]. Hapettomassa tilassa voi tapahtua kuitenkin mätänemistä.
- Kosteus. Kun materiaalia ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää 70 %, voi mikrobikasvu alkaa. Eri mikrobiryhmillä on kuitenkin eri kosteusvaatimuksia. Kosteusvaurion kehittyessä ilmestyy vauriokohtaan yleensä ensimmäisenä home-, hiiva- ja / tai sädesienikasvustot ja myöhemmin, jos rakenteen kosteus yhä kohoaa, voi rakenteessa ilmetä sinistymä- ja lahovikoja, näin etenkin puurakenteissa. Lahoviat heikentävät materiaalin lujuutta. [10, s. 65.]
- Aika. Rakenteen kosteusolosuhteet määrittävät sen, kehittykö mikrobikasvusto muutaman päivän, kuukauden vai vuosien kuluessa.
- Lämpö. Rakennuksen lämpöolosuhteet ovat usein suotuisat mikrobikasvulle. Useimpien mikrobien kasvlämpötila on välillä 10–40 astetta celsiusta. [10, s. 65.]

Talon rakenteissa on normaalisti riittävä lämpötila, riittävästi happea ja ravinteita homevaurion syntymiseen. Eli listasta jäävät jäljelle kosteus ja aika, joihin vaikuttaa kun pyritään estämään kosteus- ja homevaurioiden syntymistä. Home- ja kosteusvaurio ei pääse syntymään, jos yksikin näistä vaatimuksista saadaan rakenteesta poistettua.

Taulukossa 1 on esimerkkejä kosteusvaurioon ja mikrobikasvustoon viittaavista mikrobisuvuista, -lajeista ja -ryhmistä. Näistä mikrobeista käytetään usein nimitystä indikaattorimikrobi. Nämä ovat mikrobeja, joita harvemmin esiintyy vauriottomien vertailurakennusten näytteissä. Taulukossa on myös ulkoilmassa ja sisäilmassa usein esiintyviä sienisukuja ja -ryhmiä. [7, s. 172.]

Taulukko 1. Esimerkkejä ulko- ja sisäilmassa yleisesti esiintyvistä sienisuvuista ja -ryhmistä sekä kosteusvaurioon viittaavista mikrobisuvuista, -lajeista ja -ryhmistä [7, s. 172].

Ulkoilmassa yleisiä sienisukuja ja -ryhmiä	Sisäilmassa yleisiä sienisukuja ja -ryhmiä	Kosteusvaurioon viittaavia mikrobisukuja, -lajeja ja -ryhmiä
Penicillium Aspergillus Cladosporium hiivat basidiomykeetit Alternaria steriilit	Penicillium Aspergillus Cladosporium hiivat	Acremonium Aspergillus fumigatus A.ochraceus A.penicillioides/A.restrictus A.sydowii A.terreus A.versicolor Chaetomium Eurotium Exophiala Fusarium Oidiodendron Geomyces Paecilomyces Phialophora Scopulariopsis Sporobolomyces Sphaeropsidales Stachybotrys / Memnoniella Sädesienet Trichoderma Tritirachium / Engyodontium Ulocladium Wallemia

### 2.3 Home- ja kosteusvaurioiden yleisimmät aiheuttajat

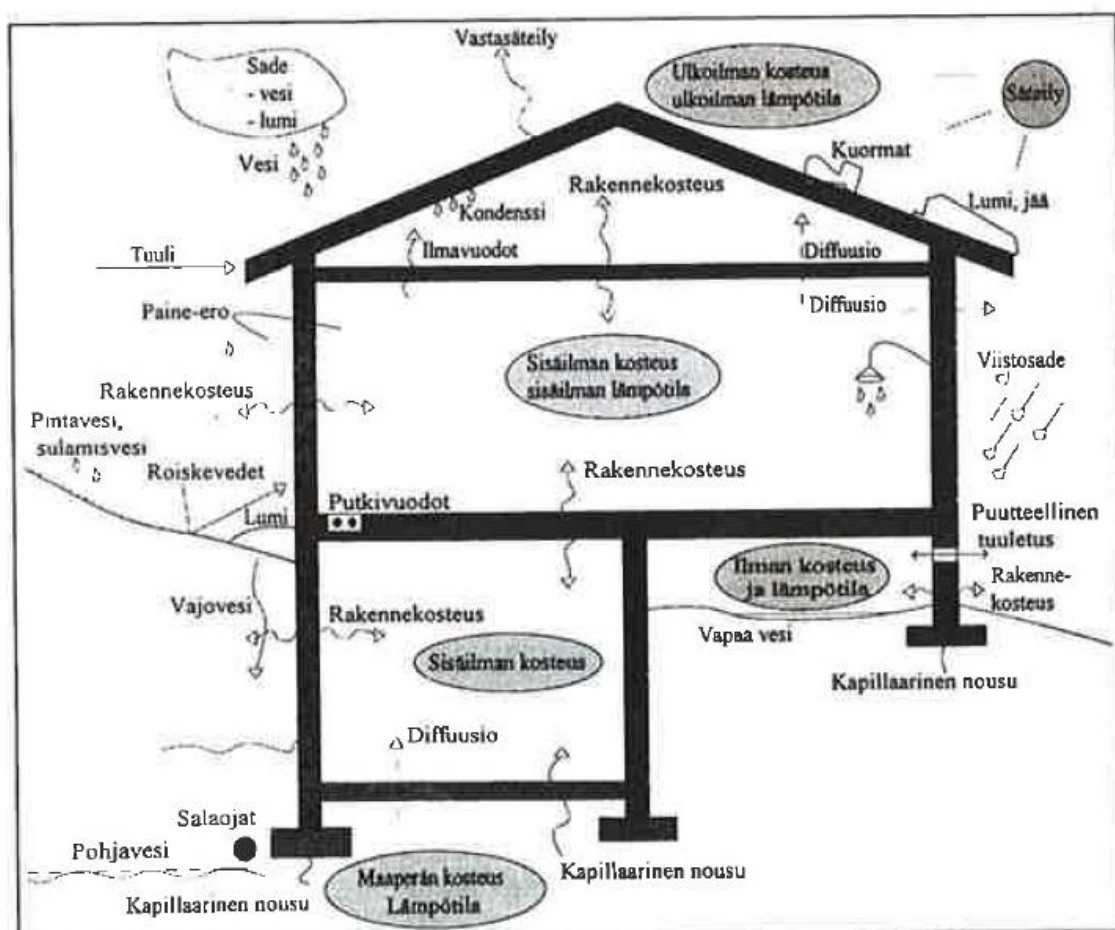
Pelkkä kosteusvaurio sinänsä ei ole terveydelle haitallinen, mutta veden vaikutuksesta rakennusmateriaaleista usein erittyy sisäilmaan haitallisia kemikaaleja ja hajuja. Näitä kutsutaan VOC -päästöiksi. Esimerkiksi tasoitteiden kastuessa niistä voi vapautua sisäilmaan haitallisia määriä ammoniakkia. Jos rakenne pysyy pitkään kosteana ja hap-  
pea, lämpöä ja ravinteita on riittävästi, se johtaa mikorobikasvuun, jota pelkkä kosteu-  
den poistaminen ei enää rakenteesta hävitä. Kosteusvaurioiden korjaamisessa nopeus  
siis on ratkaiseva tekijä. Mitä nopeammin kosteus saadaan rakenteesta poistettua ja  
kuivattua, sitä todennäköisemmin terveyshaittaa aiheuttavaa altistetta ei ehdi syntyä.  
[11.] Mikrobiologisesti vaurioitunut materiaali tulee poistaa rakenteesta ja korvata uu-  
della materiaalilla. Tämä on ensisijainen keino. Jos vaurioituneen rakenteen poistami-  
nen ei ole mahdollista (esimerkiksi kantava rakenne päätetään olla poistamatta talou-  
dellisista syistä), tulee rakenteen pinnasta mekaanisesti poistaa vaurioitunut osa ja sen  
jälkeen desinfioida. Jos vaurioituneen osan mekaaninen poistaminen (esimerkiksi pui-  
sen alajuoksun pinnan höylääminen) ei ole mahdollista, tulee rakenne vähintäänkin  
desinfioida. Rakenteiden kuivattaminen on yleensä hidasta materiaalista, materiaalin  
paksuudesta, kuivaustekniikasta ja kuivausmenetelmästä riippuen. [11.]

Kosteusvaurioiden taustalla olevia yleisimpiä aiheuttajia ovat puutteet työmaiden kos-  
teudenhallinnassa, riskejä sisältävät suunnitteluratkaisut, virheet työmaatoteutuksissa  
eli rakentamisen sääsuojaus ja olosuhdehallinta eivät ole kunnossa, kunnossapidon  
laiminlyönnit sekä rakenteiden luonnollinen kuluminen tai vaurioituminen elinkaarensa  
loppupäässä. Erityisesti rakennuksen käyttöiän loppuminen näyttää johtavan sisäilma-  
ongelmiin, joista merkittävimpiä osatekijöitä terveyden kannalta ovat kosteus- ja home-  
vauriot. [3, s.69.] Myös yksittäisen rakennusosan, esimerkiksi vesikaton, käyttöiän lop-  
puminen johtaa usein ongelmiin. Myös käyttötottumusten muuttuminen lisää rakentei-  
den kosteusrasitusta. Vanhat rintamamiestaloit esimerkiksi joutuvat nykyään hyvin pal-  
jon suurempaan kosteusrasitukseen kuin ne aikanaan on suunniteltu. Ihmisten veden-  
käyttötottumukset ovat muuttuneet paljon. Rintamamiestalojen kellaritiloihin on raken-  
nettu paljon sauna- ja peseytymistiloja, ja aina ei ole osattu tehdä kosteusteknisesti  
oikeita rakenneratkaisuja. Nämä aiheuttavat usein rintamamiestaloihin kosteusvaurioi-  
ta.

Kosteus- ja homevaurioita voivat aiheuttaa myös mm. muutokset rakennuskannassa,  
materiaaleissa, vesiputkistojen vuodot ja viemäriputkistojen vuodot ja tukkeutumiset,

puutteet talotekniikkajärjestelmissä esimerkiksi ilmanvaihtoon liittyen, lämmitysjärjestelmien vuodot tai huonosti toimivat lämmityksen säädöt, kaupunkien alimitoitettut sekasadevesiviemäroinnit esimerkiksi rankkasateiden aikaan, ryömintätilan ja yläpohjan huono tuuletus sekä eristämättömät jäähdytys- ja kylmävesiputkistot (kondenssiongelma) [3, s. 71–78]. Myös muut luonnonilmiöt kuten kova pakkanen, suuret lämpötilavaihtelut, voimakkaat viistosateet jne. ovat usein kosteusvaurioiden taustalla.

Kosteuden lähteet voidaan jakaa myös rakennuksen ulko- ja sisäpuolisiin lähteisiin kuvan 2 mukaisesti. Yleisimpiä ulkopuolisia kosteuden lähteitä ovat ulkoilman kosteus, sade eri muodoissaan mm. viistosateet, pintavedet ja maakosteus. Yleisimpiä sisäpuolisia kosteuden lähteitä ovat ihmiset, kasvit, käyttövesi, vuodot putkistoissa tai vedeneristyksissä ja rakennuskosteus. [10, s. 48.]



Kuva 2. Rakennukseen kohdistuvat kosteuslähteet. [7, s. 149].

On olemassa muitakin kosteus- ja homevaurioiden aiheuttajia kuten kesällä 2014 pitkään kestäneen hellejakson aikana ylenpalttinen ilmalämpöpumppujen käyttö. Jaana Ahti-Virtanen kertoo Rakennuslehden artikkelissaan (Insinööri (amk) Johannes Ahokai-

sen tekemiin tutkimuksiin perustuen), kuinka hellejakson aikana ylenpalttinen jäähdyttäminen saattaa olla tietynlaisille ulkoseinärakenteille riski. Jäähdytys vaikuttaa rakennuksen ulkoseinärakenteiden lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Tämä perustuu siihen, että jäähdytettäessä kuuman hellejakson aikana sisäilma viileäksi on sisäilma ulkoilmaa viileämpää ja vesihöyryn virtaus rakenteessa kääntyy ulkoa sisälle. On fysiikan laki, että vesihöyryn pitoisuuserot tasoittuvat seinärakenteen läpi. Lämmin ilma pystyy sitomaan itseensä enemmän vettä kuin kylmä ilma. Tähän diffuusiovirran suunnanmuutokseen ei rakennesuunnittelussa ole varauduttu. [12, s. 8–9.]

Insinööri (amk) Johannes Ahokainen on laskenut jäähdytyksen kosteusteknisiä vaikutuksia ulkoseinärakenteisiin ja todennut, että riskialteinta jäähdytys on höyrynsululliselle ulkoseinärakenteelle. Ahokainen selvitti laskentaa varten eri seinärakenteiden kosteus- ja lämpötilajakauman. Höyrynsululliseen, puurunkoiseen ulkoseinärakenteeseen kuuluvat sisäverhouslevy, höyrynsulku, eriste, tuulensuojalevy tuuletusväli ja ulkoverhous. Ahokaisen mukaan vesihöyry pääsee helposti tuulensuojamateriaalien ja mineraalivillojen läpi ja kohtaa jäähdytyksestä kylmenneen höyrynsulun pinnan. Vesihöyry kondensoituu viileän höyrynsulun pinnalle ja valuu alaspäin ja saattaa kastella esimerkiksi puisen alajuoksun. Ahokaisen tarkastelemista ulkoseinärakenteista höyrynsulullisessa rakenteessa suhteellinen kosteus nousee voimakkaimmin diffuusion vaikutuksesta, ja siten olosuhteet homeen kasvulle syntyvät helpoiten. Ahokaisen mukaan riskittöimpiä seinärakenteita ovat ne, joiden kosteustekninen toimivuus ei riipu diffuusiovirran suunnasta. Tällaisia rakenteita kansa kutsuu hengittäviksi: ilmansululliset rakenteet (ei siis höyrynsululliset) ja massiivirakenteet. Esimerkiksi rintamamiestaloista löytyy usein ilmansululla varustettu ulkoseinärakenne. Ilmansulkukerroksina on käytetty usein erityyppisiä rakennuspapereita ja eristemateriaalina sahanpurua, selluvillaa tai pellavaeristettä. Hänen mukaansa ilmansulullinen seinärakenne mahdollistaa seinän kuivumisen sekä sisäänpäin että ulospäin eikä homeenkasvulle synny otollisia olosuhteita. Poikkeuksena tähän voisi olla yli viikon kestävä huippuhellejakso, jos ulkoilman suhteellinen kosteus olisi erittäin korkea. [12, s. 8–9.]

Artikkelissa todetaan, että Suomessa suunnitellaan ulkoseinärakenteet jatkossakin pitkää ja kylmää kautta varten ja jäähdyttämisen aiheuttamaan homerisktiin ei ole järkeä puuttua rakenteellisilla ratkaisuilla vaan opettelemalla säätämään ilmalämpöpumpun sisäyksikön termostaattia kohtuullisemmalle tasolle. Ahokaisen laskelmien mukaan alle 23 astetta celsiusta olevat lämpötilat sisällä eivät ole suositeltavia. Edes riskialttein-



paan höyrynsululliseen rakenteeseen ei synny homehtumisriskiä, jos lämpötila sisällä pidetään 23–24 asteessa celsiusta. [12, s. 8–9.]

#### 2.4 Home- ja kosteusvaurioiden laajuus tällä hetkellä Suomessa

Rakennusten home- ja kosteusvauriot on yksi merkittävä syy huonoon sisäilman laatuun, ja sisäilman huono laatu on jo kauan arvioitu yhdeksi Suomen suurimmista ympäristöterveysongelmista. Eduskunnan tarkastusvaliokunta päätti teettää rakennusten kosteus- ja homeongelmista tutkimuksen, koska tiedot home- ja kosteusvaurioiden laajuudesta ja vaikutuksista ovat tähän asti olleet puutteellisia, ristiriitaisia ja vanhentuneita. Lisäksi vaurioiden määrä ei näytä laskeneen vaan joidenkin arvioiden mukaan tilanne home- ja kosteusvaurioiden osalta on jopa huonontunut. [13, s. 1.]

Tutkimuksen tavoitteeksi oli asetettu tuottaa päätöksentekijöille sellaista tietoa, jonka pohjalta on mahdollista vähentää rakennusten home- ja kosteusvaurioiden aiheuttamia terveyshaittoja ja taloudellisia menetyksiä. Tutkimuksen tuli myös tuottaa uutta ja ajankohtaista tietoa rakennusten kosteus- ja homeongelmien laajuudesta, syistä ja vaikutuksista. Hankintapäätös tehtiin 15.11.2011, ja Hilma-ilmoituskanavan kautta tutkimuksen tekijäksi valittiin Työterveyslaitoksen (TTL) tutkimusryhmä. Tutkimusryhmä koostui moniammatillisesta asiantuntijaryhmästä. [3, s. 7.] Tutkimusryhmä kohdisti tutkimuksensa epäkohtiin, joiden ratkaiseminen voisi oleellisesti edistää kosteus- ja homeongelmien hallintaa jatkossa. [3, s. 9.] Rakennusten kosteus- ja homeongelmia koskeva tutkimus, Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012 (myöhemmin hometutkimus) julkaistiin lokakuussa 2012. [13, s. 1.]

Home- ja kosteusongelmat on merkittävä yhteiskunnallinen ongelma, jonka taloudelliset ja terveydelliset vaikutukset ovat mittavia. Tutkimuksen mukaan asian tiimoilla on runsaasti parannettavaa ja tehtävää on paljon, ennen kuin päästään edes tyydyttävälle tasolle. Päättäjille kerätyn tiedon lisäksi tutkimuksen odotettiin kiihdyttävän myös asian tiimoilta käytävää keskustelua. [3, s. 7-8.]

Tutkimusryhmän mukaan kosteus- ja homevaurion määrittäminen merkittäväksi ei perustu ainoastaan tekniseen tarkasteluun, vaan altistumisen todennäköisyyden arvioiminen pitää myös sisällyttää siihen, jotta terveydellinen ulottuvuus saadaan mukaan.

Merkittävä kosteus- ja homevaurio voidaan määrittää sellaiseksi vähäistä laajemmaksi rakenteelliseksi viaksi, jonka seurauksena haitallinen altistuminen kosteusvaurioituneista rakenteista ja materiaaleista vapautuville kemiallisille, fysikaalisille ja biologisille (mm. mikrobiperäisille) epäpuhtauksille on todennäköistä. Määritellyn vian perusteella korjaustarve voidaan arvioida kiireelliseksi altistumisen vähentämiseksi tai poistamiseksi. Haitallista altistumista voidaan pitää todennäköisenä, kun rakennuksessa näkyy kosteus- ja homevaurioita sisäpinnoilla, mikrobikasvua todetaan materiaaleissa tai ympäröivissä rakenteissa, poikkeavaa altistetta on todettu ilma- tai pölynäytteissä, tilat ovat selvästi alipaineisia tai vaurioituneesta tilasta tai rakenteesta on ilmayhteys työskentelytilaan. [3, s. 10.]

Suomen rakennuskanta koostuu noin 1,45 miljoonasta rakennuksesta. Asuinrakennuksia näistä on 85 % ja muita rakennuksia 15 %. Kerrosalalla ilmaistuna rakennuskantamme on noin 434 miljoonaa neliötä, joista 63 % on asuinrakennuksissa ja 37 % muissa rakennuksissa. [3, s. 11.]

Terveysriskejä aiheuttavia kosteus- ja homevaurioita ilmenee kaikissa rakennustyypeissä omistuspohjasta ja käyttötarkoituksesta riippumatta. Tutkimusryhmän arvion mukaan merkittäviä kosteus- ja homevaurioita esiintyy taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1. Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden esiintyminen. [3, s. 11.]

	Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden esiintyvyys kerrosalasta (%)	Asukkaita / henkilöitä merkittävästi kosteus- ja homevaurioituneissa rakennuksissa
Pien- ja rivitalot	7–10	221 000–443 000
Kerrostalot	6–9	103 000–154 000
Koulut ja päiväkodit	12–18	172 000–259 200
Hoitolaitokset	20–26	36 000–46 800
Toimistot	2,5–5	27 500–55 000

Taulukon luvut ovat merkittävien kosteus- ja homevaurioiden esiintyvyydestä [3, s. 11]. Vähäisiä (pistemäisiä, yksittäisiä, lyhytkestoisia) kosteusvaurioita löytyy lähes kaikista rakennuksista. [3, s. 36]. Tutkimuksen lukujen perusteella voidaan arvioida, että päivittäin home- ja kosteusvaurioille altistuu esimerkiksi 62 000–94 000 peruskoululaista ja 12 000–18 000 lukiolaista. Välittömässä korjaustarpeessa on Suomessa 2 000 hoito-

alan rakennusta (25 %), 1200 koulua (15 %), 250 000 pientaloa (25 %), 18 000 rivi- ja ketjutaloa (25 %) sekä 6 000–12 000 asuinkerrostaloa (10–20 %). Osa ihmisistä on todella huonossa asemassa, sillä he saattavat altistua kosteusvaurioille sekä työpaikalla/koulussa tai päiväkodissa että kotonaan, eli he ovat pahimmillaan alttiina kosteusvaurioista johtuville epäpuhtauksille lähes koko vuorokauden ajan. Kosteus- ja home-talkoiden asiakirjoissa on arvioitu, että 600 000–800 000 suomalaista altistuu päivittäin home- ja kosteusvaurioiden aiheuttamille epäpuhtauksille. Määrällisesti eniten kosteus- ja homevaurioita esiintyy yksityisten omistamissa kiinteistöissä. Suhteellisesti eniten vaurioita on kuitenkin kuntien omistamissa rakennuksissa. Asiantuntijakuuleminen vahvisti kyseistä arviota. Eduskunnan tarkastusvaliokunta sai hometutkimuksesta 72:lta eri taholta kirjalliset asiantuntijalausunnat. [13, s. 1–8.]

Viranomaisvastuut erityyppisissä kosteusvauriokohteissa on jaoteltu alla olevassa taulukossa 2.

Taulukko 2. Viranomaisvastuut erityyppisissä kosteusvauriokohteissa [14, s. 116].

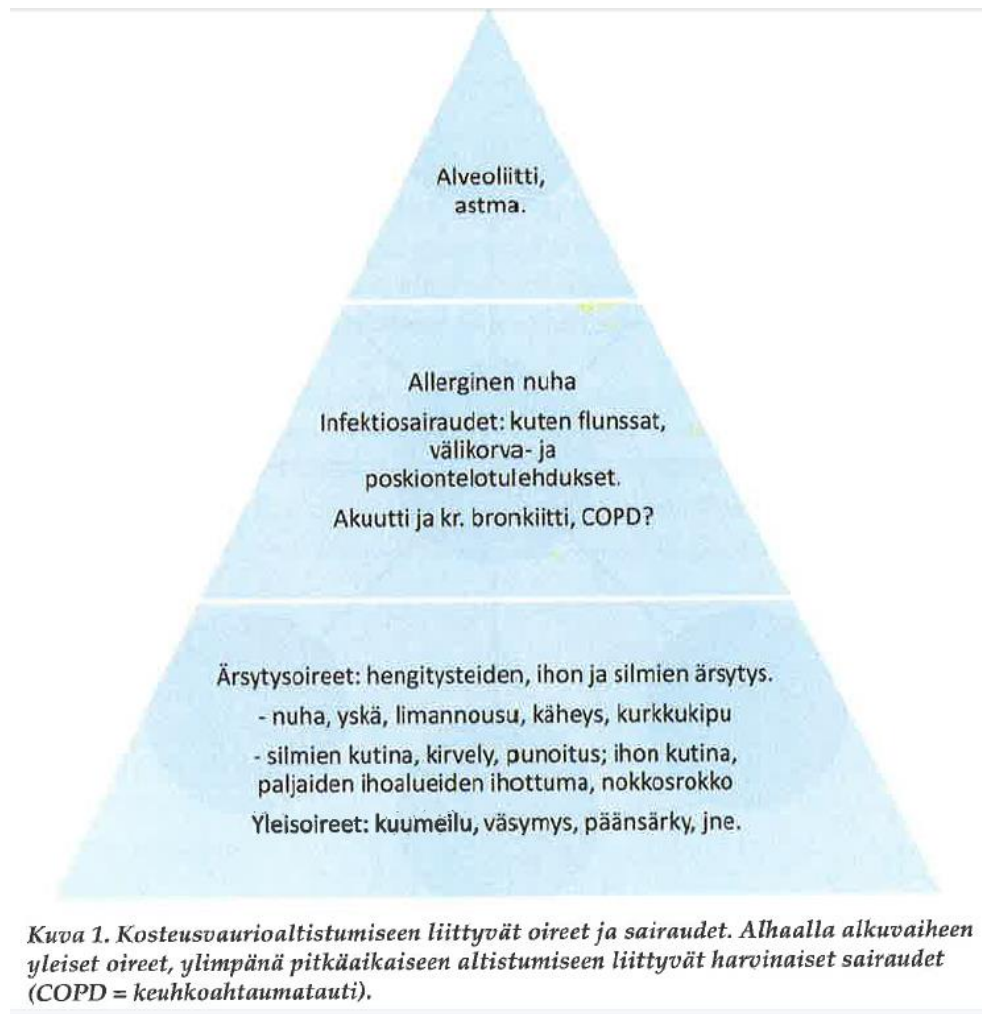
Kohde	Työpaikka	Asunto	Koulu tai päiväkot	
			Työntekijät	Lapset, oppilaat opiskelijat
<b>Laki ja asetus</b>	Työturvallisuuslaki (ennalta ehkäisyn periaate) Työterveyshuoltolaki ja asetus Ammattitautilaki ja –asetus (edellyttää näyttöä syy-yhteydestä)	Terveystensuojelulaki- ja asetus; sairauksien ennaltaehkäisyyn tähtäävä, ei edellytä näyttöä syy-yhteydestä	Kuten muillakin työpaikoilla	Terveystensuojelulaki, peruskoululaki
<b>Ohjeet ja oppaat</b>	TTL:n oppaat	Asumisterveysohje ja –opas 2009 (tuleva Asumisterveysasetus ja Valviran soveltamisohje)	OPH ja TTL-oppaat	Opas koulurakennusten sisäilmaongelmien selvittämisestä
<b>Vastuuviranomainen</b>	Työsuojeluviranomainen, AVI	Terveystensuojeluviranomainen, terveys- tai ympäristölautakunta (nimike vaihtelee eri kunnissa)	Kuten muillakin työpaikoilla	Terveystensuojeluviranomainen
<b>Korjausvastuu</b>	Olosuhteista vastuu työnantajalla, kiinteistön korjaa kiinteistön omistaja	Kiinteistön omistaja	Kiinteistön omistaja, yleensä kunta	Kiinteistön omistaja, yleensä kunta

## 2.5 Home- ja kosteusvaurioiden terveydelliset ja taloudelliset kustannukset

Rakenteiden kastuminen ja mikrobien kertyminen rakenteiden pinnalle johtaa siihen, että huoneen sisäilmaan voi siirtyä vaurioituneista ja kastuneista rakenteista ja niiden mikrobikasvustoista erilaisia epäpuhtauksia esimerkiksi mikrobeja, itiöitä ja rihmaston kappaleita.

Useimpien kosteusvauriorakennuksille tyypillisten homeiden itiöt ja useat mikrobit ovat kooltaan erittäin pieniä  $<5 \text{ um}$  (vaihteluväli 2–120  $\text{um}$ ). Tämän vuoksi ne leijuvat hyvin ja pääsevät limakalvoille ja hengitysteihin, pienimmät pääsevät myös keuhkorakkuloihin. [6.] Ilmasta ne kulkeutuvat silmiin, hengitysteihin ja iholle. Näin ihminen altistuu. Mikrobin osat ja kemialliset yhdisteet voivat tietyillä pitoisuuksilla aiheuttaa elimistöön joutuessaan hengitysteiden limakalvon ja silmien sidekalvon ärsytyksen, mutta myös immunologiset tulehdusreaktiot ovat mahdollisia. [3, s. 12.] Omassa työssään kosteusvauriokartoittajana mestarityöntekijä on huomannut, että pahasti homevaurioituneen rakenteen purkamisen ja tutkimisen jälkeen silmät saattavat illalla vetistää ja olla ärsyyntyneet.

Mikrobialtistuksen tyypillisiä oireita ovat ihon, silmien ja hengitysteiden limakalvojen ärsytysoireet, kuten nenän tukkoisuus ja nuha, yskä, äänen käheys ja limannousu keuhkoista, toistuvat nenäverenvuodot, hengitysvaikeudet ja hengenahdistus. Erilaisia yleisoireita voi myös esiintyä, kuten selittämätöntä kuumeilua, väsymystä, päänsärkyä ja pahoinvointia. [7, s. 152.] Alla olevassa kuvassa 3 on esitetty kosteusvaurioaltistumiseen liittyviä oireita ja sairauksia.



**Kuva 3. Kosteusvaurioaltistumiseen liittyvät oireet. [14, s. 9].**

Näitä oireita voi kylläkin esiintyä myös muista sisäilmatekijöistä johtuen. Tämä on seikka, joka tuo haastetta homeongelmien tutkimiseen. Aina homeongelmaa tutkittaessa tulisi ottaa huomioon myös muut mahdolliset sisäilmaongelmat, kuten ilmanvaihdon puutteet tai lämpötilaongelmat. Lisäksi joskus saattaa herätä epäilyjä, että henkilö vain kuvittelee oireilevansa tietyssä rakennuksessa hänen mielestään olevan sisäilmaongelman vuoksi. Kaikki home- ja kosteusvaurioepäilyt pitäisi kuitenkin ottaa aina vakavasti, sillä ihmiset reagoivat ilman epäpuhtauksiin hyvin yksilöllisesti. Samat mikrobipitoisuudet saattavat aiheuttaa toiselle henkilölle pahojakin oireita, ja samaan aikaan toinen ei välttämättä reagoi niihin mitenkään.

Oireiden liittyminen sisäilman laatuun on todennäköistä, jos oireet häviävät tai lievittyvät, kun ollaan poissa rakennuksesta. Altistukseen viittaavat myös toistuvat infektiot kuten hitaasti paranevat flunssat, keuhkoputken- ja poskiontelontulehdukset ja lapsilla

korvatulehdukset. Pahimmissa tapauksissa poikkeuksellisen mikrobialtistuksen seurauksena voi kehittyä pitkäaikaissairaus, kuten allerginen nuha, krooninen keuhkoputkentulehdus, astma, ihottuma tai alveoliitti.[7, s. 152.]

Asiaa on tutkittu jo kaksi vuosikymmentä eikä vieläkään tiedetä, miten sairastuminen ja oireilu kehittyvät solutasolla kosteusvauriutilanteissa. Kosteus- ja homevaurioilla on todettu olevan ajallinen yhteys astman pahenemiseen, uusien astmojen syntyyn, hengitystieinfektioihin ja hengitystieoireiluun. Vaikka näyttö on vasta viitteellinen, on todennäköistä, että altistuminen kosteusvauriomikrobeille ja muille mikrobiologisille tekijöille tai kemiallisille yhdisteille voi olla merkittävä oireilun aiheuttaja. Tutkimusten mukaan on olemassa riittävä näyttö astman syntymisen ja pahenemisen, keuhkoputkentulehduksen, nuhan ja homepölykeuhkon yhteydestä home- ja kosteusvaurioihin. Epidemiologisten tutkimusten perusteella home- ja kosteusvaurioissa riski yskään on 1,5-kertainen, ylempien hengitysteiden oireiluun 1,7-kertainen ja hengityksen vinkumiseen 1,4-kertainen. Joissain tapauksissa rakennuksen kosteusvaurion vaikeusaste vaikuttaa riskin suuruuteen. Esimerkiksi lasten riski sairastua astmaan näyttäisi riippuvan siitä, miten merkittävä kosteusvaurio rakennuksessa on eli 2,8-kertaisesta jopa 4-kertaiseksi riippuen kosteusvaurion vaikeusasteesta. Aikuisilla astman pahenemisen riski on matalampi kuin lapsilla. Näiden asioiden lisäksi vaurioiden ennaltaehkäisy ja oikein tehdyt korjaukset näyttävät vähentävän tilan käyttäjien sairastumisriskiä. [3, s. 12.]

Rakennusten kosteus- ja homevaurioilla on merkittäviä kielteisiä vaikutuksia kansantalouteen ja yhteiskuntaan yleensäkin. Niiden kansataloudellisesta merkityksestä saadaan kuva vertaamalla vaurioiden määrää Suomen kansallisvarallisuuteen, jonka arvioitiin esimerkiksi vuonna 2010 olevan 775 mrd euroa. Rakennukset muodostavat tästä merkittävän osan; rakennusten osuus vuonna 2010 oli 349 mrd. euroa eli lähes puolet koko kansallisvarallisuudesta. Kerrosalaan suhteutettuna kansallisvarallisuudesta kokoluokkaan 6–13 prosenttiin eli 13-28,2 mrd. euroon kohdistuu *merkittävä* kosteus- ja homevaurio. [13, s. 10]

Merkittävien home- ja kosteusvaurioiden terveyshaittakustannukset ovat noin 450 miljoonaa euroa vuodessa, näin hometutkimus arvioi. Näitä kustannuksia syntyy monesta eri syystä kuten oireiden ja sairauksien tutkimisesta ja hoidosta, työkyvyn menettämisestä, sairauspoissaoloista sekä tuottavuuden ja työtehon laskusta. Laskelma on suuntaa antava, sillä laskelmiin liittyy paljon epävarmuustekijöitä. Oireilun ja sairastumisen takia työntekijöitä on joutunut jäämään jopa pysyvästi pois työelämästä (esimerkiksi

opettajia tai hoitoalalla työskenteleviä). Työpaikoilla epätietoisuus ja ristiriitaiset näkemykset oireiden syistä ja tarvittavista toimenpiteistä ovat omalta osaltaan vaikuttaneet myös työhyvinvointiin heikentämällä työilmapiiriä. [13, s. 11.] Työpaikoillakin pitäisi muistaa ihmisten herkkyyden yksilölliset erot kosteus- ja homevauriotapauksissa. Laskelmien mukaan 1,5 mrd euron panostus nykyisten merkittävästi home- ja kosteusvaurioituneiden rakennusten korjaamiseksi maksaisi itsensä takaisin kolmessa vuodessa kansantaloudellisena hyötynä.[3, s. 13.]

### 3 Mikrobiologiset näytteenottomenetelmät

Mikrobiologisia näytteitä voidaan ottaa kolmella eri tavalla: otetaan rakennusmateriaalista näytepala, otetaan materiaalin pinnalta pyyhintänäyte tai otetaan sisäilmasta näyte esimerkiksi Andersen-keräimellä. Andersen-keräin on vaiheimpaktori, jolla otetaan sisäilmasta näyte pumpun avulla. (Katso kuva 9 sivulla 26.) Mikrobiologisilla näytteillä paikallistetaan ja todetaan mahdollinen epätavanomainen mikrobikasvusto. Ympäristö-opas 28:n (Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus) mukaan mikrobi tutkimuksia ei kuitenkaan aina home- ja kosteusvauriotapauksissa tarvita, jos esimerkiksi home- tai kosteusvaurio on ilmeinen, kuten alla olevassa kuvassa 4.



*Runsasta homekasvustoa seinällä.*

**Kuva 4. [14, s. 75].**

Tällöin aloitetaan korjausprosessi välittömästi tekemättä mikrobi tutkimuksia. [10, s. 26.] Mestarityön tekijän mielestä mikrobi näytteet kannattaisi kuitenkin tällaisessakin tapauksessa ottaa ja selvittää mistä mikrobisuvustosta on kyse.



Jos esimerkiksi huoneistossa asuva henkilö edelleen oireilee korjaustoimenpiteiden jälkeen, voidaan ennen korjaustyön alkamista otettua mikrobinäytettä käyttää referenssinä korjaustyön onnistumista arvioitaessa. Korjaustyön jälkeen tulisiikin mahdollisuuksien mukaan ottaa kontrollinäytteet, joilla saadaan varmuutta siihen, että mikrobihaitta on poistunut rakennuksesta. [9.] Lisäksi laboratoriossa teetetty mikrobiutkimus pyyhintänäytteestä tai materiaalinäytteestä on mahdollisissa riitatapauksissa ainoa tapa, jolla oikeudessa voidaan todistaa rakenteissa esiintynyt homevaurio.

Sisäilman mikrobimittaukset ovat tarpeen silloin, kun rakennuksessa ei ole näkyvää mikrobikasvustoa eikä selvää kosteusvauriokohta ole löydetty, mutta esimerkiksi homeenhaju (esimerkiksi maakellarimainen haju) tai asukkaiden oireilu viittaavat kuitenkin mahdolliseen mikrobivaurioon. [7, s. 153.] Oireita ja niiden yhteyttä epäilyyn rakennukseen voidaan selvittää esittämällä asukkaille esimerkiksi taulukossa 3 esitettyjä kysymyksiä. [14, s. 100]. Mikrobimittausten avulla pyritään selvittämään, onko sisäilman laatu hyväksyttävällä tasolla. Asumisterveysohjeesta ja sen pohjalta tehdystä asumisterveysoppaasta löytyy näille mittauksille joitain raja-arvoja. Mittauksilla selvitetään myös, ovatko rakennuksen sisäilman mikrobipitoisuudet ja mikrobisuvusto tavanomaisia rakennuksen ikään, sijaintiin sekä vuodenaikaan ja asukkaiden toimintaan nähden. Näillä sisäilman mittauksilla voidaan myös todentaa mikrobien kulkeutuminen esimerkiksi muualla rakennuksessa sijaitsevasta vauriokohdasta esimerkiksi kellarista tai porashuoneesta. [7, s. 153.] Jos vauriokohdasta on epäily, varmennetaan vauriokohta yleensä avaamalla rakenne ja/tai mittaamalla rakenteen kosteus. Sisäilman mikrobimittausten tueksi voidaan kohteessa teettää myös homekoiratutkimus, jolla voidaan saada selville mahdollisen piilevän homevaurion sijainti.

Taulukko 3. Hyödyllisiä asukkaille esitettäviä kysymyksiä kosteusvauriota epäiltäessä [14, s. 100].

- Oireamneesi (=esitiedot) ja altistumistiedot: oireet, yleisoireet, toistuvat infektiot ja niiden paranemisnopeus
- Aikaisemmin todetut infektiot ja atopiatausta
- Tupakointi, muut altisteet työssä ja kotona
- Oireiden alkamisajankohta, ajallinen yhteys kosteusvaurioon
- Oireiden muutokset lomien ja matkojen aikana
- Oireet muissa rakennuksissa, joissa kosteusvaurioita
- Muiden oireet samassa ympäristössä, työpaikalla, kotona jne.
- Pahenevatko oireet työssä, minä viikonpäivinä pahimmat oireet, muutokset oireiden vakavuudessa ja laadussa ajan myötä
- Liittyvätkö oireet tiettyyn työpisteeseen, työvaiheeseen tai tiettyyn huoneeseen
- Valittavatko muut työtoverit tai huoneistossa asuvat samanlaisista oireista
- Potilaan / asukkaan oma käsitys oireiden syistä, tarvittaessa kyselylomaketta käyttämällä
- Vaikutus toimintakykyyn, lääkkeiden tarve

Muita sisäilmastokyselyitä löytyy mm. osoitteista [www.ttl.fi/sisailmasto](http://www.ttl.fi/sisailmasto) tai [www.indooraid.com](http://www.indooraid.com).

### 3.1 Rakenteiden avaaminen

Aistinvaraisen tarkastelun, mahdollisten vuotoilmaselvitysten tai esimerkiksi pintakosteusmittausten perusteella päätellään, mistä kohdista rakenteita tulisi avata kosteusvaurion ja mahdollisen mikrobikasvuston paikantamiseksi. [7, s. 153–154.]



Kuva 5. Vaurioitunut seinärakenne avattuna. [15].

Rakennustekninen ja kosteustekninen asiantuntija arvioi mahdolliset riskirakenteet ja rakenteiden kosteusteknisen toiminnan ja tekee päätökset, mistä kohdista rakenteita olisi avattava.

### 3.2 Homekoiran käyttö mikrobikasvuston paikantamiseen

Mikrobikasvuston paikantamiseen rakenteita rikkomatta voidaan käyttää myös homekoiraa. Homekoiria koulutetaan samalla tavalla kuin esimerkiksi huumekoiria. Hyödyksi käytetään koiran erinomaista hajuaistia ja nopeata oppimiskykyä. Koirat koulutetaan etsimään tiettyjä sieniä kuten lattiasieni (*Serpula lacrymans*), kellarisieni (*Coniophora puteana*) tai sädesieni (*Streptomyces* spp). KoDog on yksi homekoiria kouluttava yritys. KoDogilla koirien homeenetsintäharjoitukset suoritetaan samalla tavalla kuin viranomaiset kouluttavat erikoisetsintäkoiransa löytämään räjähteitä, aseita ja huumeita. [16.]

Homekoiralla suoritettava kiinteistön tai huoneiston tutkimus on erittäin kustannustehokasta ja nopeaa. Homekoira myös paikallistaa mahdollisen mikrobivaurion. Tätä tietoa ei muilla tutkimustavoilla ole saatavilla. Homekoiran käyttöä tulisikin miettiä yhtenä tutkimusmenetelmänä tapauksissa, joissa mikrobivauriosta ei ole ulkoisia viitteitä tai tutkitavassa tilassa ei ole havaittu kosteusvauriota. Eli asukas oireilee, mutta konkreettista syytä oireiluun ei löydy. Homekoiralla suoritettava tutkimus johtaakin yleensä suoraan rakenteiden avaamiseen ja mahdollisesti mikrobivauriokohdan löytymiseen.

Homekoiralla suoritettua tutkimusta ei kuitenkaan voida pitää täysin luotettavana faktana, koska koira ei osaa ilmoittaa löytämänsä mikrobien määrää tai laatua. Onko koiran havaitsema ja ilmoittama löytö asumishaittaa aiheuttava, jää jatkotutkimuksilla todettavaksi. Koiran ilmaisu onkin aina käsiteltävä vain viitteenä mikrobivauriosta ennen tarkempien jatkotutkimusten tekemistä. [9.]

Homekoiran käytöstä on tullut viime vuosina suosittumpaa ja homekoirayrittäjien määrä on kasvussa. Viimeisten kahdeksan vuoden aikana homekoirayrittäjien määrä on yli kolminkertaistunut, ja yrittäjiä on tällä hetkellä noin kolmekymmentä. Suomessa käytettiin homekoiria jo 1990-luvulla ja jo sitä ennen käytettiin ns. lahomekoiria paikantamaan lahoja sähkötolppia. Koirien käytön etuna muihin menetelmiin nähden on se, että ne löytävät erityisesti rakenteen sisällä piilossa olevia vauriokohtia. Koira voi myös haistaa jo kuivuneen homeen, jonka jäljille ei esimerkiksi kosteusmittauksilla päästä. [17, s. 20.]



Kuva 6. KoDogin homekoira työssään. [18].

Homekoira on kuitenkin vain yksi apuväline tutkimuksissa, ja ohjaajan on opittava lukemaan koiraa ja sen käytöstä hyvin. Kuvassa 6 KoDogin homekoira merkitsee kylpyhuoneen nurkan. Homekoiran merkitsemistä paikoista koiran ohjaaja poimii pois merkinnät, jotka ovat todennäköisesti virheellisiä. Tällaisia ovat usein esimerkiksi kylpyhuoneissa lattiakaivot, jotka koira merkitsee lähes poikkeuksetta viemäreistä tulevan mikrobiperäisen hajun vuoksi. Usein koirat merkitsevät virheellisesti myös esimerkiksi vaatehuoneet, joissa saattaa olla paljon hajua tuottavia lähteitä ja usein huonohko ilmanvaihto. [19.] Joskus koiran merkinnät johtuvat rakenteiden epätiiveydestä ja mikrobit kulkeutuvat rakennukseen esimerkiksi maaperästä, tällöin kyseessä ei ole kosteusvaurio vaan ilmavuoto. Toki ilmavuoto saattaa johtaa kosteusvaurioon ja se on syytä tutkia ja korjata. Rakenteissa ei saisi olla tällaisia epätiiveyskohtia, joista esimerkiksi maaperän mikrobit ja muut epäpuhtaudet kulkeutuvat sisäilmaan aiheuttamaan ihmisille oireilua. [17]. Homekoiraohjaajan tekemästä raportista nähdään, mitä kohtia rakennuksesta koira on merkinnyt. Seuraavaksi tutkitaan rakenteita ja selvitetään, onko esimerkiksi ilmanvaihto vaikuttanut merkittäviin kohtiin, onko lähellä riskirakenteita, jotka ovat saattaneet aiheuttaa kosteusvaurion ja sitä kautta homevaurion, onko kyseisissä kohdissa kenties joitain vanhoja kosteus- ja mikrobivaurioita, joista rakenteisiin on jäänyt kuivunutta homea. Näissä selvityksissä kannattaa käyttää apuna rakennusteknistä asiantuntijaa. Selvitetään myös rakenteiden kosteustekninen toiminta ja mietitään, ovatko rakenteet joutuneet liian kosteusrasituksen alaisiksi. Sitten tehdään päätökset, mitä rakenteita avataan jatkotutkimuksia ja mahdollisia mikrobinäytteiden ottoa varten. [19.]

Terveyshaittaa voidaan pitää todettuna, jos avatuissa rakenteissa havaitaan mikrobikasvustoa ja mikrobien tai niiden aineenvaihduntatuotteiden leviäminen sisätiloihin on näistä kohdista mahdollista. Jos rakenteissa ei ole näkyvää mikrobikasvustoa, mutta materiaali on kastunut ja muuten vaurioituneen näköinen, tulee siitä ottaa pinta- tai materiaalinäytteet mikrobiologisia analyysejä varten. Näytteet analysoidaan laboratoriossa. Kun rakenteen sisällä esiintyvän mikrobikasvuston aiheuttama terveyshaitta on saatu todettua, voidaan toimenpiteet sen poistamiseksi aloittaa. Tällaisessa tapauksessa erillisiä sisäilman mikrobimittauksia ei yleensä tarvita. Vaurion laajuuden selvittämiseksi pitää materiaali- tai pintanäytteitä ottaa useista eri kohdista. [7, s. 153–154.] Mestarityöntekijän mielestä olisi hyvä ottaa vielä korjausten jälkeen sisäilmanäyte tai pintojen pyyhintänäyte muutaman kuukauden päästä korjauksesta. Näin saataisiin varmuutta siihen, että home- ja kosteusvaurio on todennäköisesti saatu korjattua.

### 3.3 Mikrobinäytteen ottaminen

Mikrobinäytteiden oton ja analysoinnin tulee perustua näytteet tutkivan laboratorion omaan laadunvarmistusjärjestelmään. Näin saadaan näytteidenoton laatuvaatimukset täytettyä. Hyvään laatujärjestelmään ja laboratoriokäytäntöön kuuluvat olennaisena osana kirjalliset menettelytapaohjeet, joita voi tiedustella laboratorioista tai selvittää yrityksen nettisivuilta. Tämä koskee kaikkia kolmea näytteenottotapaa eli sisäilmanäytettä, pintanäytettä sekä materiaalinäytettä. [7, s. 154.]

#### 3.3.1 Pintanäytteen ottaminen

Home-, hiiva- ja bakteerikasvustot eivät ulotu yleensä kasvualustan pintaa syvemmälle, joten mikrobikasvusto voidaan varmentaa pinnoilta otettavasta näytteestä. Pintanäytteenotto soveltuu kovalle materiaaleille, kuten betoni, kaakeli, muovi, tai puu. Pintanäyte voidaan ottaa myös esimerkiksi tapetti- tai maalipinnalta. Jotta saadaan mahdollisimman kattava näyte, on näytteitä hyvä ottaa useampi kuin yksi, esimerkiksi 2–5 näytettä vaurion laajuudesta riippuen. Nämä näytteenottokohdat valitaan eri puolilta vaurioaluetta. Jos on epäily, että kasvustoa esiintyy useiden eri materiaalien pinnoilla, otetaan jokaisesta materiaalista vähintään yksi pintanäyte. [7, s. 155.]

Jokaista näytettä kohden otetaan yksi vertailunäyte vastaavasta rakennetyypistä vaurioitumattomalta, samaa materiaalia olevalta pinnalta. Vertailunäytteestä saadaan kysei-

sen pinnan ns. taustapitoisuus. Vertailunäyte olisi hyvä ottaa mahdollisimman kaukaa vaurioalueesta, mutta kuitenkin samasta huoneistosta (esimerkiksi eri huoneesta tai eri kerroksesta). Jos vaurioalue sijaitsee esimerkiksi kylpyhuoneessa, on vertailunäytteen otettava samasta tai käyttötarkoitukseltaan samankaltaisesta tilasta. Vertailunäytteet otetaan kuivilta pinnoilta, joissa ei ole kosteusläikkiä, värimuunnoksia tms. Pinnan kuivuus voidaan varmistaa esimerkiksi pintakosteuden osoittimella. Otetaan ensiksi vertailunäytteet ja vasta sen jälkeen vaurioalueen näytteet käyttäen suojakäsineitä ja tarvittaessa hengityksen suojainta. Näytteenotossa noudatetaan analysoivan laboratorion laatujärjestelmän mukaisia ohjeita. Ohjeet ovat hyvin yksityiskohtaiset, ja niihin on tutustuttava huolella ennen näytteenottoon ryhtymistä. [7, s. 155.]

Kovilta pinnoilta näytteet otetaan 10x10 cm:n suuruiselta alueelta käyttämällä valmista 70 prosenttisella etanolilla steriloitua mittakehystä. Jos näytteenotto kohta on sellainen, että mittakehystä ei voida käyttää, kuten jalkalistan päällinen, pintanäyte otetaan yhteensä noin 100 cm<sup>2</sup>:n suuruiselta alueelta. Jos näkyvän kasvuston pinta-ala on tätä pienempi, otetaan näyte koko kasvuston alueelta ja merkitään pinta-ala muistiin. [7, s.155–156.]

Pintanäytteen ottoon käytetään steriiliä pumpulipuikkoa, joka kostutetaan ensin steriiliin laimennusliuokseen ja näytealue sivellään puikkoa pyörittäen tasaisesti kolmeen kertaan. Se osa pumpulipuikosta, josta on pidetty kiinni, katkaistaan pois ja loppuosa puikon kärjestä pudotetaan laimennusliuosta sisältävään koeputkeen. Koeputki lähetetään kylmiölaukussa laboratorioon saman päivän aikana. Jokaiseen näytteeseen kirjoitetaan oma tunnus, jota vastaavat tiedot kirjataan muistiin. Tietoihin kirjataan

- päivämäärä
- näytealueen pinta-ala
- näytteenottaja
- tiedot tutkittavasta rakennuksesta
- kuvaus näytteenottokohdasta ja materiaalista
- arviot näkyvän vaurion pinta-alasta ja
- arviot pinnan kosteudesta.

### 3.3.2 Rakennusmateriaalinäytteen ottaminen

Rakennusmateriaalinäytteen ottamista suositellaan silloin, kun mikrobikasvustoa epäillään olevan huokoisessa, helposti irrotettavassa tai hienonnettavassa materiaalissa. Tällaisia materiaaleja ovat esimerkiksi eristevillat, tapetit ja kipsilevy. Näytteitä otetaan riippuen vaurion laajuudesta esimerkiksi 2–5 kappaletta eri puolilta vaurioaluetta. Jos mikrobikasvustoa esiintyy useiden eri materiaalien pinnoilla, otetaan kustakin materiaalista vähintään yksi näyte. Materiaalinäytteiden otossa noudatetaan näytteet analysoivan laboratorion laatujärjestelmässä annettuja yksityiskohtaisia ohjeita. Laboratorio olisi hyvä päättää etukäteen ja tilata näytteenotto-ohjeet ennen näytteiden ottamista. Ohjeisiin on tutustuttava huolella ennen näytteiden ottoa. Materiaalinäytteiden tulosten tulkinta helpottuu, jos vauriokohdista otetuille näytteille otetaan vertailunäytteet vastaavista vaurioitumattomista materiaaleista. [7, s. 156.]

Materiaalinäyte otetaan noin 10x10 cm:n alueelta tai, jos materiaali on huokoista, otetaan näytettä n. 200 - 300 cm<sup>3</sup> (3–10 g). Useimmat mikrobit kasvavat materiaalien pinnoilla ja näyte otetaan enintään noin 0,1–0,5 cm:n syvyydeltä pinnasta tai materiaalista irrotetaan vain kontaminoitunut osa, esimerkiksi kipsilevystä otetaan vain kipsilevyn pinnasta pahviosa, kuten kuvan 7 näytteessä. Näyte ei saa lämmetä yli 30–40 asteen celsiusta näytettä otettaessa, joten esimerkiksi poran käyttämistä ei suositella, koska poraaminen lämmittää rakennetta. Jokainen näyte tulee toimittaa laboratorioon 24 tunnin kuluessa näytteenotosta. Näytteet pakataan tiiviisti suljettavaan muovipussiin ja jokaiselle näytteelle annetaan tunnus, johon lisätään samat tiedot kuin sivulla 15 mainittuun pintanäytteeseen. [7, s. 156.]



Kuva 7. Materiaalinäyte suljettavassa pussissa. [20].

Home-, hiiva- ja bakteerikasvustoa esiintyy yleensä materiaalin pinnoilla, eivätkä ne tuhoa esimerkiksi puun mekaanista lujuutta. Sen sijaan pitkäaikainen kosteus saattaa

aiheuttaa puulle lahovauriota, joka puolestaan vaikuttaa puurakenteen mekaaniseen lujuuteen heikentävästi. Lahovaurion laajuuden arvioinnissa tulee ottaa huomioon lahovaurioiden erityispiirteet. Mikäli rakenteissa epäillään esiintyvän lahottajasieniä, kannattaa selvittää alan asiantuntijoilta mahdollisen näytteenoton ja lahottajasienten analysoinnin tarpeellisuutta. Tällaista asiantuntemusta on saatavilla esimerkiksi Valtion Teknillisestä Tutkimuskeskuksesta (rakennustekniikka) tai Turun yliopistosta (Kasvimuseo). [7, s. 156–157.]

### 3.3.3 Mikrobinäytteen ottaminen sisäilmasta

Sisäilmamittausten tarkoituksena on selvittää, ovatko rakennuksen sisäilman mikrobipitoisuudet ja -suvusto tavanomaisia sen sijaintiin, ikään ja vuodenaikaan nähden. Sisäilmamittauksilla saadaan selville myös, täyttääkö sisäilman laatu ja mikrobipitoisuudet asumisolosuhteille laaditut viitearvot. Annetut viitearvot ja sallitut pitoisuudet voidaan tarkistaa sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeesta tai sen pohjalta tehdystä Asumisterveys-oppaasta. [7, s. 157.]

Esimerkiksi taajamassa sijaitsevan asunnon sisäilman sieni-itiöpitoisuus  $100\text{--}500\text{ cfu/m}^3$  on talviaikana poikkeuksellisen suuri. Jos samalla näytteen mikrobisuvusto poikkeaa tavanomaisesta, on todennäköistä, että rakennuksessa esiintyy mikrobikasvua. Taajamassa sijaitsevan asunnon talviaikana mitattu sieni-itiöpitoisuus, joka ylittää  $500\text{ cfu/m}^3$ , viittaa mikrobikasvustoon. Jos tutkittavasta asunnosta löytyy talviaikaan yli 2 kertaa suurempi sieni-itiöpitoisuus kuin vertailuasunnosta ja pitoisuus on yli  $100\text{ cfu/m}^3$ , voidaan tulosta pitää kohonneena. Aktinomykeetti-itiöiden esiintyminen yli  $10\text{ cfu/m}^3$  pitoisuuksina talviaikana taajama-alueella sijaitsevan huoneiston sisäilmassa viittaa rakennuksen mikrobikasvustoon ja sisäilman aiheuttamaan terveyshaittaan. [7, s. 171]

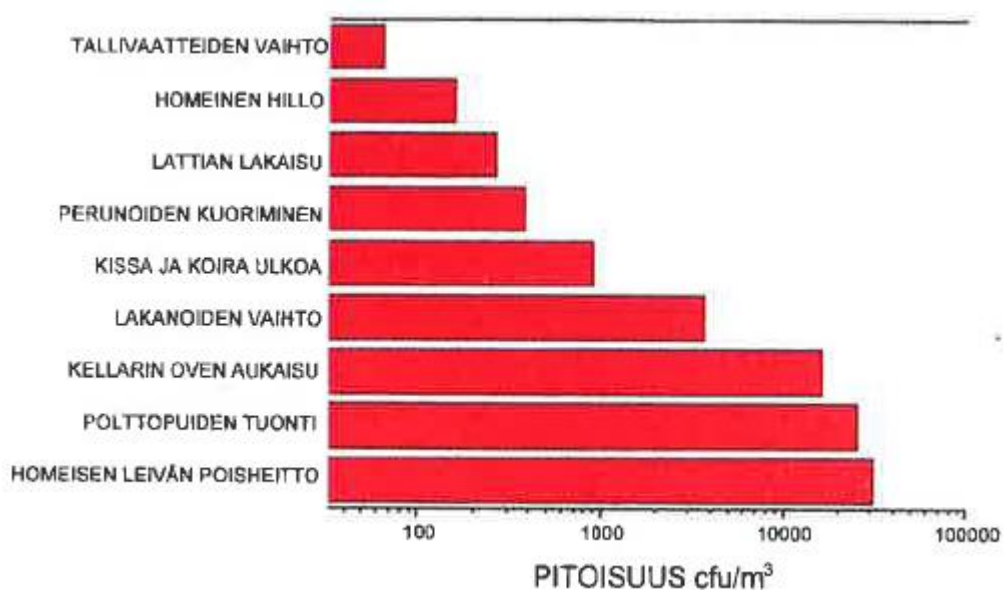
Sisäilmamittauksia tarvitaan silloin, kun kosteusvauriokohtaa tai mikrobikasvustoa ei ole löydetty ja rakennuksen asukkaat kuitenkin oireilevat tai rakennuksessa on maakellarimainen haju. Joskus on myös tarpeen osoittaa mikrobien kulkeutuminen sisätilaan muualla rakennuksessa sijaitsevasta mikrobikasvustosta, kuten rakenteiden epätiiveyskohtien kautta naapurihuoneistosta. Mittausten ajankohdaksi suositellaan talvea. Optinen olosuhde on luminen pakkaspäivä, maan ollessa roudassa. Tällöin ulkoilman sieni-itiöiden ja aktinomykeettien eli sädesienten pitoisuudet ovat pienimmillään. Mikäli



tutkimus on pystytty suorittamaan optimiolosuhteissa, voidaan sisäilmassa esiintyvien itiöiden olettaa olevan peräisin lähes yksinomaan rakennuksen sisältä. [7, s. 157.]

Mikäli näytteitä otetaan kuitenkin sulan maan aikaan, on samanaikaisesti otettava näyte myös ulkoilmasta ja selvitettävä näin ulkoilman sienipitoisuus ja mikrobisuvusto. Sisä- ja ulkoilmanäytteiden tuloksia verrataan keskenään. Ulkoilmanäyte otetaan noin 1,5 metrin korkeudelta maanpinnasta ja vähintään 5 metrin etäisyydeltä rakennuksen lähimmästä seinästä. Tulosten analysointia helpottaa, jos voidaan ottaa näytteet myös vertailurakennuksesta. Vertailurakennuksen tulee mahdollisimman tarkoin vastata tutkittavaa rakennusta rakennusmateriaaleiltaan ja rakennustekniikaltaan, ilmanvaihtojärjestelmältään, iältään (noin 10 vuoden tarkkuudella) ja sijainniltaan. Mikäli rakennusten etäisyys toisistaan on yli 500 metriä tai rakennusten ympärillä oleva kasvillisuus poikkeaa toisistaan, on ulkoilman mikrobit määritettävä molempien rakennusten läheisyydestä erikseen. [7, s. 157.]

Sisäilman mikrobinäytteet otetaan ajankohtana, joka edustaa mahdollisimman hyvin huoneiston tavallista käyttötilannetta. Asumiseen liittyvät normaalit toiminnot voivat tilapäisesti kohottaa sisäilman sieni-itiöpitoisuutta jopa 10–100-kertaiseksi taustatasoon verrattuna tai muuttaa sienilajistoa, kuten kuvasta 8 voidaan nähdä. Tämän vuoksi rakennuksessa ei tulisi käsitellä elintarvikkeita, tekstiilejä ja polttopuita, siivota eikä pitää lemmikkieläimiä 1–2 tuntia ennen mittausten tekemistä. Myös ikkunat ja ovet tulisi pitää suljettuna, koska mikrobeja voi kulkeutua sisätiloihin myös rakennuksen ulkopuolisista mikrobilähteistä, kuten maakellarista, eläinsuojasta tai puuvarastosta tai yleensäkin ulkoilmasta. [7, s. 157.]



Kuva 8. Sisäilman sieni-itiöpitoisuuksien nousu asumiseen liittyvien toimintojen yhteydessä. [7, s. 158].

Yleensä sisäilmanäytteitä otetaan niistä tiloista, joissa mikrobihaitan epäillään esiintyvän. Suositus kuitenkin on, että näytteitä otetaan ainakin kahdesta huoneesta. Esimerkiksi asuinhuoneiston sisäilman mikrobipitoisuudet vaihtelevat voimakkaasti, ja siksi yksittäinen näyte ei kuvaa pitoisuustasoa luotettavasti. Näytteenotto tulisi toistaa vähintään 2–3 kertaa esimerkiksi viikon välein. Tämä ei kuitenkaan ole aina mahdollista esimerkiksi resurssipulasta johtuen. Yksittäisessäkin näytteessä havaitun kohonneen pitoisuuden perusteella voidaan kuitenkin epäillä kosteusvauriota, varsinkin, jos muiden mikrobilähteiden esiintyminen voidaan samalla sulkea pois. Asunnon pitkäaikaisen mikrobipitoisuustason varmistamiseksi ja vaurion mahdollisuuden poissulkemiseksi saatetaan tarvita jopa 10 mittauskertaa. [7, s. 158.] Tämä ei aina kuitenkaan ole mahdollista aikatauluista ja taloudellisista syistä johtuen.

Sisäilmanäytteiden tulosten tulkinta perustuu sekä pitoisuustason että näytteissä esiintyvän mikrobilajiston tarkasteluun. Mikrobipitoisuudet rakennuksen sisällä saattavat olla alhaisia, vaikka rakennuksessa on jopa näkyvää mikrobikasvustoa, joten alhainen sisäilmapitoisuus ei sulje pois mikrobilähteen olemassaoloa. Tämän vuoksi suositeltavinta on ottaa ensisijaisesti pinta- ja rakennusmateriaalinäytteitä mikrobipitoisuuksien ja mikrobilajistojen tutkimiseen. Terveysvalvonnan käyttöön suositellut mikrobiologiset näytteenottomenetelmät on esitetty ja kuvailtu Sisäilmaohjeessa ja Asumisterveysoppaassa. [10, s. 27.] VOC-yhdisteiden mittaamiseen sen sijaan sisäilmanäytteenotto

soveltuu paremmin, koska VOC-yhdisteitä ei synny luonnosta. VOC-päästöjä haihtuu sisäilmaan erilaisista rakennusmateriaaleista.

Suosittelavin keräin ilman mikrobien näytteenottoon on ns. Andersen-keräin. Yleensä käytetään 6-vaiheimpaktoria, (kuva 8). Myös muita keräysmenetelmiä voidaan käyttää, jos niillä kerätyn ilmanäytteen tilavuus tunnetaan. [7, s. 158.]



Kuva 9. Andersen 6-vaihekeräin ja pumppu. [21].

Andersen-menetelmässä on paljon heikkouksia, mutta koska parempaakaan menetelmää sisäilman näytteiden ottoon ei tällä hetkellä ole, pidetään sitä tällä hetkellä standardina. Kaikki viranomaisohjeet ja raja-arvot perustuvat Andersen-menetelmällä otettujen näytteiden tulkintaan. Menetelmä on altis käyttövirheille, se on työläs, kallis ja vie liikaa aikaa esimerkiksi asunnonoston yhteydessä tehtäviin tutkimuksiin tai korjaustyön yhteydessä vaurion laajuuden selvittämiseen. Aikaa näytteidenotosta tulosten saamiseen menee siihen, että näytteitä viljellään ensiksi 7–10 vuorokautta, jonka jälkeen pesäkkeiden lukumäärä lasketaan, pesäkkeet tunnistetaan ja sitten tulokset raportoidaan. Korjausten jälkeiseen seurantamittaukseen menetelmä soveltuu paremmin. Jos ennen korjauksia materiaaleista löytyneitä indikaattorimikrobisukuja ei enää löydy rakennuksen ilmasta 3–6 kuukautta korjausten päättymisen jälkeen, se puhuu korjausten onnistumisen puolesta. [14.] Sisäilman näytteenotto impaktorin avulla tehdään liitteessä 1 olevan ohjeen mukaisesti. Tarkennukset ohjeisiin saadaan näytteet analysoivalta laboratoriolt.

Sisäilman sieni-itiömäärää ja mikrobilajistoa voidaan karkeasti talvella arvioida myös laskeuma-maljamenetelmällä. Muita menetelmiä, kuten RCS- ja SAS-keräimiä sekä suodatin- tai impinger-keräintä voidaan käyttää myös ilmanäytteiden ottoon. [10, s. 26.]

### 3.4 VOC-yhdisteet

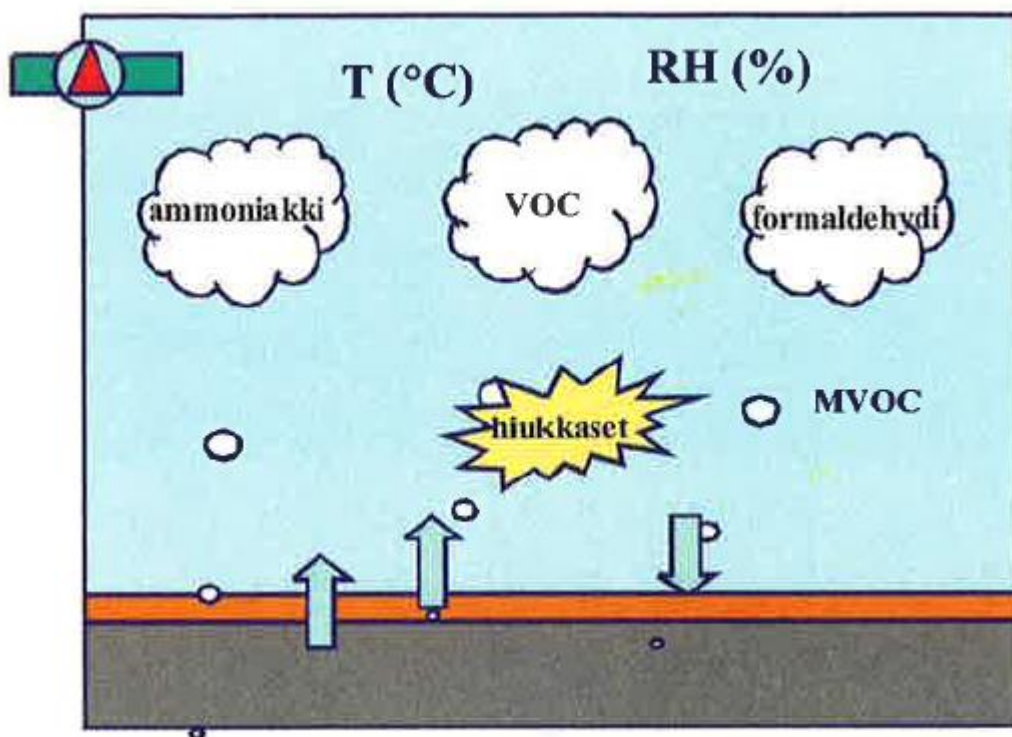
Volatile Organic Compounds = Haihtuvat orgaaniset yhdisteet. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden lähteitä ovat ennen kaikkea rakennus- ja sisustusmateriaalit. [6.]

Rakennusmateriaalien merkitys sisäilman laadulle on suuri johtuen niiden isosta pinta-alasta. Normaalit rakennusmateriaalit oikeissa tarkoituksissa käytettyinä eivät yleensä aiheuta vakavia ongelmia. Ilmanvaihdon merkitys on olennainen sisäilman epäpuhtauksien kannalta, ja useimmiten ilmanvaihto on riittävä pitämään sisäilman epäpuhtauksien pitoisuudet riittävän alhaisina. Eri materiaalien yhteiskuormitus saattaa kuitenkin olla merkittävä ja aiheuttaa kaikkein herkimmille henkilöille oireita, joten taloa rakennettaessa materiaalien valintaan ja päästöluokituksiin on syytä kiinnittää huomiota. [6.]

Materiaaleissa voi olla myös valmistusvirheitä, jotka lisäävät niistä haihtuvien yhdisteiden määrää. Esimerkkeinä väärin annostellut kemialliset komponentit ovat aiheuttaneet mm. styreeni-ongelmia tai huonolaatuisten liimojen käyttö, joka aiheutti aikoinaan lastulevyjen korkeita formaldehydipäästöjä. [6.]

Kosteusvaurioiden yhteydessä jotkut materiaalit kastuessaan erittävät epäpuhtauksia kuten ammoniakkia ja formaldehydiä. Tällaisia rakennusmateriaaleja on edelleen paljon vanhemmissa rakennuksissa. Eli kosteusvaurion yhteydessä asukkaiden oireilun saattaa aiheuttaa nämä päästöt eivätkä mikrobikasvustot. [9.] Yksi tunnetuimmista esimerkeistä on lattiatasoitteiden sisältämän kaseiinin hajoaminen betoniin jääneen kosteuden vaikutuksesta ammoniakiksi [6].

Tiedon lisääntyessä ja laadunvarmistuksen parantuessa ja lisääntyessä monista VOC-ongelmista on jo päästy, mutta materiaaliteollisuus kehittää kuitenkin jatkuvasti uusia tuotteita, joten uusien ongelmien esiintulo on aina mahdollista [6]. Lattiarakenteista haihtuu sisäilmaan erilaisia kemiallisia yhdisteitä kuvan 10 mukaisesti. Epäpuhtauksien pitoisuuksiin vaikuttavat merkittävästi rakenteen ja sisäilman kosteus, lämpötila sekä rakennuksen ilmanvaihto.



Kuva 10. Lattiarakenteista haihtuu sisäilmaan erilaisia kemiallisia yhdisteitä. Tämä korostuu lattiarakenteiden kastuessa. [22, s. 39].

#### 4 Mikrobiologisten näytteiden otto tällä hetkellä PK Kuivauksella

Firman toimitusjohtajaa Harri Komua ja kahta kosteuskartoittajaa haastateltiin 27.10.2014. Kosteuskartoittajat tekevät vauriotutkimuksia, kosteusmittauksia, kuivauksien asennuksia ja laativat kosteusvaurioista raportteja korjaustoimenpidesuosituksiin. PK Kuivauksella on valmiudet ottaa materiaalinäytteitä, pyyhintänäytteitä ja sisäilmanäytteitä laboratorion ohjeiden mukaisesti. Mikrobiologisten näytteiden otto on ollut yrityksen toimenkuvassa mukana noin 6 vuoden ajan. Käytännössä kuitenkin tämän hetkisestä henkilökunnasta ainoastaan Komulla voidaan sanoa olevan vankkaa kokemusta mikrobiinäytteiden ottamisesta. Komun lisäksi näytteitä otti aiemmin enemmän kartoittaja, joka ei enää ole PK Kuivauksella tällä hetkellä töissä. Tämänhetkisillä PK Kuivauksen kosteuskartoittajilla kokemus mikrobiinäytteiden otosta on vähäisempää. Mestarityön tekijä on ollut mukana ainoastaan yhden kerran ottamassa sisäilmanäytteitä sekä pyyhintänäytteitä ja kaksi kertaa materiaalinäytteitä, ja kahdella muulla kosteuskartoittajalla on kokemusta muutamista yksittäisistä mikrobiinäytteenotoista. Näytteiden analysointiin on käytetty haastattelun perusteella useita eri laboratorioita, otettuja näytteitä ovat tutkineet mm. Metropolilab, Kiratek (Kiratek on nykyään osa In-

spectaa), Ositum Oy ja Työterveyslaitos (TTL). Komulla on hyvä tietotaso home- ja kosteusvauriokohteiden korjaamisesta sekä mikrobinäytteiden otosta. Tämän työn yhtenä tarkoituksena onkin vahvistaa ja yhtenäistää yrityksen sisällä tietotasoa liittyen mikrobiologisten näytteiden ottoon. PK Kuivaus pystyy myös markkinoimaan asiakkailleen, että aiheeseen on syvennyt tässä opinnäytetyössä.

Tähän asti mikrobiologisia näytteitä on otettu vain erikoistapauksissa, silloin kun niitä on erikseen tilattu. Näytteiden oton tärkeyttä ei ole aiemmin osattu PK Kuivauksella perustella riittävästi, koska usein työn tilaaja ei ole tilannut näytteiden ottoa perustellen asiaa taloudellisilla syillä. Tämä on todennäköisesti ollut ainakin yhtenä syynä. Nyt kun yrityksessä on tutustuttu aihealueeseen ja tiedetään, että päästään parempiin lopputuloksiin ottamalla näytteitä aina, kun homevaurion todennäköisyys korjauskohteissa on ilmeinen, ja tiedetään missä välissä niitä kannattaa ottaa, kannattaisi mikrobiologisten näytteiden ottoa suositella asiakkaalle useammin. Tämän työn esimerkkitapausten tai teoriaosuuden pohjalta pystytään perustelemaan, miksi tietyssä vaiheessa tietynlaista home- ja kosteusvauriotapausta tai -epäilyä kannattaa ottaa mikrobiologinen näyte ja missä vaiheessa kannattaa käyttää homekoiraa apuna. Tiedossa on myös, minkälainen näytteenotto soveltuu juuri kyseessä olevaan tapaukseen, onko se materiaalinäyte, pyyhintänäyte vai sisäilmanäyte.

## 5 Mikrobiologisten näytteidenoton tulevaisuuden näkymät

### 5.1 Tulevaisuuden näytteenottomenetelmät sisäilmatutkimuksessa

Sisäilman terveyshaittojen arviointi on perustunut vuosikymmenten ajan mikrobien näytteenottoon, viljelyyn ja tunnistamiseen [14, s.106–108].



*Viljely rakennusmateriaalinäytteestä. Maljalla sädesienipesäkkeitä (pienet valkoiset) sekä muita bakteereita. Kuva: Mikrobioni Oy/Teija Meklin.*

**Kuva 11. Rakennusmateriaalista otetun näytteen viljely maljalla. [14, s. 79]**

Viljelyyn perustuva näytteenotto (kuva 11) edellyttää laboratoriolta paljon, ja prosessin kaikissa vaiheissa myös näytteenotossa ja kuljetuksessa on noudatettava erityistä huolellisuutta. Viljelyyn perustuva sisäilman näytteenottomenetelmä on hidas, kallis ja työläs. Parhaimmillaankin tällä tekniikalla saadaan vain 1–10 % näytteen mikrobeista osoitetuiksi. Kasvualustat ovat selektiivisiä ja ne suosivat tiettyjen mikrobien kasvua. Jos maljalla on nopeasti kasvavia mikrobeja kuten *Penicillium*, hitaasti kasvavat indikaattorimikrobit, kuten *Stachybotrys*, saattavat jäädä niiden alle. Tämä voidaan tosin estää käyttämällä erikoismaljoja. Lisäksi rinnakkaisnäytteistä saadaan usein eri vastaus, jos ne lähetetään tutkittavaksi toiseen laboratorioon. Silti tällä hetkellä standardina ”paremman puutteessa” pidetään ns. Andersen-keräintä, joka perustuu nimenomaan



viljelyyn. Kaikki viranomaisohjeet ja sisäilman pitoisuuksien raja-arvot perustuvat Andersen-keräimellä otettujen näytteen tulkintaan. Viljelyn jälkeen maljalla kasvavat pesäkkeet tunnistetaan mikroskoipoimalla. Mikroskopointi on tarkkaa käsityötä ja vaatii kokeneen mikroskopistin. Uusille menetelmille olisi kysyntää. [14, s. 106–108.]

#### Camnea-menetelmä

Ilmanäytteitä voidaan analysoida myös käyttämällä ns. Camnea-menetelmää, jossa erikoistekniikalla osoitetaan rihmaston kappaleet ja itiöt ilman kasvualustoilla viljelyä. Tätä menetelmää olisi hyvä käyttää varsinkin erikoistapauksissa, kuten oireilun jatkuessa puhdistus- ja desinfektioyrityksistä huolimatta. Toinen näytteenottomenetelmä, joka ei perustu viljelyyn, on geeliteippinäytteen ottaminen pinnalta. Geeliteipillä otettu näyte tutkitaan mikroskoopilla. Tällä menetelmällä voidaan todeta, onko näytteessä rihmastoja tai itiöitä, mutta mikrobisukujen tunnistaminen ei tällä menetelmällä onnistu. Tätä menetelmää voisi käyttää enemmän esimerkiksi korjaustilanteissa, jos mikrobisukujen tunnistaminen ei ole välttämätöntä. Tällainen tilanne voisi olla esimerkiksi silloin, kun mikrobisuku olisi jo tiedossa ja halutaan vain tutkia kuinka laajalle mikrobivaurio on levinnyt. Tällä menetelmällä saataisiin vaurioalue rajattua nopeasti. [14, s. 108.]

#### PCR-tekniikat

PCR-tekniikoita on useita ja niillä saadaan solun DNA esiin, eli solun ei tarvitse olla elinkykyinen tai ehjä. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos on koekäyttänyt PCR-tekniikoita mikrobien tunnistamiseen. Menetelmä on kuitenkin osoittautunut ongelmalliseksi. Tämä menetelmä tuottaa pitkiä mikrobisukujen ja -lajien luetteloita, joita ei ole saatu esiin viljelyllä. Tulosten tulkinnassa ongelmaa tuottaa mm. se, millä löydöksillä on vaikutusta kosteusvaurion osoittamisessa ja terveysriskin arvioinnissa. Menetelmän etu on automaatiomahdollisuus, joka mahdollistaa suuret näytemäärät. Tätä menetelmää käytettäessä myöskään tutkijan kokeneisyys ei vaikuta niin suuresti tuloksen tulkintaan kuin viljelynäytteen tunnistus. Toivottavasti tulevaisuudessa tämän menetelmän ongelmat saataisiin ratkaistua ja PCR-tekniikat voitaisiin ottaa laajemmin käyttöön niiden nopeuden ja tarkkuuden vuoksi. [14, s. 109.]

#### Toksiinien mittaaminen

Monet kosteusvauriomikrobit ja monet kosteusvaurion yhteydessä tavattavat bakteerit ovat potentiaalisesti toksiineja tuottavia. Näitä toksiineja voidaan mitata ja analysoida. Menetelmän haittapuoli on, että toksiinin tuotto vaihtelee kasvualustasta ja muista olo-



suhteista riippuen ja rakennuksessa toksiineja tuottava voi laboratoriossa muuttua eiotoksiseksi ja päinvastoin. Tämän vuoksi mittaus pitäisikin suorittaa paikan päällä rakennuksessa mahdollisimman autenttisen tuloksen saamiseksi. Tämä on tulevaisuudessa todennäköisesti tärkeää erilaisissa oikeustapauksissa, joissa mahdollisimman objektiivisen syy-yhteyden todistelu on tarpeen. [14, s. 110.]

#### Elektronimikroskopia

Joissakin tapauksissa mikrobikasvuston osoittaminen elektronimikroskoopilla on paikallaan, jos kasvusto on jätetty paikoilleen, mutta materiaali on käsitelty esimerkiksi kuivaamalla tai kemikaaleilla. Tällaisissa tapauksissa viljely ei usein enää onnistu. Tämän menetelmän heikkoutena on kallis hinta, tutkittavan näytepalan pienuus ja mikrobi-tunnistuksen epävarmuus. [14, s. 109.]

### 5.2 Homekoirayrittäjille tulossa yhteinen tasotesti

Homekoirayrittäjien toimintatavoissa on suuria eroja. Osa painottaa tutkimuksissaan vain koiran tekemiä ilmaisuja, ja osa taas keskittyy ilmaisujen perusteella myös esimerkiksi rakenteisiin ja ilmanvaihtoon. Suomen Homekoirayrittäjät on luomassa tasontarkastusjärjestelmää homekoirille ja niiden ohjaajille. Näin halutaan yhtenäistää yrittäjien työkäytäntöjä ja tuoda alalle luotettavuutta, koska epäilijöitäkin edelleen homekoiratutkimuksia kohtaan löytyy. Testijärjestelmän rakentaminen aloitettiin keväällä ja valmiina se oli lokakuun lopussa 2014. Tämän jälkeen testi otetaan valtakunnalliseen käyttöön. Järjestelmää rahoittaa valtakunnallinen Kosteus- ja hometalkoot. Jatkossa testauksesta tulee huolehtimaan Suomen Homekoirayrittäjät ja sen nimeämä tasontarkastustoimikunta, johon yrittäjien lisäksi kuuluu rakennusterveysalan ja kuntotutkimusalan ammattilaisia. Pilottitestiin kuuluu käytännön koe ja kirjallinen koe. [17.]

## 6 Johtopäätökset

Tulevaisuudessa PK Kuivauksen kannattaa järjestelmällisemmin suositella työn tilaajalle kosteusvauriokartoitusten yhteydessä purku-, kuivaus- ja kunnostustöiden lisäksi myös mikrobinäytteiden ottamista. Näin ainakin isompien ja pitkäaikaisempien vahinkojen yhteydessä ja aina tapauksissa, joissa epäillään homevaurion syntyneen. Toki se tuo projektille hieman lisähintaa, mutta mikrobinäytteitä ottamalla pystyttäisiin saamaan varmuutta siihen, että home- ja kosteusvauriokorjaukset ovat onnistuneet. Asiakas ja PK Kuivaus hyötyisivät varsinkin home- ja kosteusvauriokorjausten jälkeen tehtävistä mikrobinäytteiden otosta siinä mielessä, että näin yritys pystyisi jälkikäteen arvioimaan, että tehty korjaus on todennäköisesti onnistunut, jos sisäilma- tai pintanäytteestä ei löydy korjaustöitä ennen otetuista näytteistä löydettyjä mikrobisukuja. Lisäksi oikein ajoitetuilla ja oikeantyyppisillä mikrobinäytteillä sekä riittävän kattavalla kosteus- ja vauriokartoituksella ja tarvittaessa homekoiran käytöllä välttyttäisiin parhaassa tapauksessa tekemästä parin vuoden päästä uutta samanlaista korjausta rakennuksen käyttäjien oirehtiessa altistuttuaan huomaamatta jääneelle homevauriolle.

## 7 Esimerkkitapaukset toimintaohjeineen

Seuraavassa on esitetty muutama tyypillinen kosteus- ja homevauriotapaus tai kosteus- ja homevaurioepäily sekä suositukset, missä tapauksissa kannattaisi käyttää homekoiraa apuna ja missä vaiheessa kannattaisi ottaa mikrobinäyte ja minkälainen näyte olisi sopiva mihinkin tilanteeseen.

**Esimerkki 1. Vanha omakotitalo, jossa asukkaat oireilevat voimakkaasti, mutta kosteus- tai homevaurion merkkejä ei näy missään.** Toimintaohje:

- Tehdään alustava oirekysely talon asukkaille taulukon 3 (s. 14) mukaisesti. Tällä selvitetään alustavasti, onko kyseessä mahdollisesti homevaurio.
- Jos näyttää siltä, että kyseessä saattaisi olla homevaurio, suositellaan kiinteistön omistajalle homekoiratutkimusta. Homekoiraohjaaja tekee koiran tutkimuksista raportin, jossa hän kertoo koiran merkitsemät paikat ja antaa mahdollisesti oman näkemyksensä merkkeiden luotettavuudesta ja mahdollisista aiheuttajista. Tästä raportista saadaan hyvä lähtökohta jatkotutkimuksille.
- Otetaan selvää talon huolto- ja korjaushistoriasta, mahdollisista aiemmista kosteusvaurioista, selvitetään piirustuksista (jos saatavilla) rakenteet, selvitetään onko talossa mahdollisesti aikakaudelle tyypillisiä riskirakenteita (hometal-

koot.fi). Näiden selvitysten jälkeen tutkitaan rakennus aistinvaraisesti ja tehdään kosteusmittauksia ja päätetään, mistä kohdista rakenteita avataan jatkotutkimuksia varten. Selvitetään myös rakennuksen painesuhteet ja ilmanvaihdon toimivuus. [23, s. 12].

- Selvitetään, mistä mahdollinen kosteusvaurio on syntynyt, ja poistetaan kosteusvaurion aiheuttaja.
- Ennen rakenneavauksia tehdään osastoinnit, suojaukset ja alipaineistukset Ratu 82-0383 ”Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku”-ohjekortin mukaisesti.
- Rakenneavausten jälkeen otetaan materiaalinäytteet analysoivan laboratorion ohjeistuksen mukaisesti. Materiaalinäytteistä laboratorio tutkii mahdollisten mikrobien ja bakteerien suvun ja pitoisuudet. Näytteitä otetaan tarpeeksi kattavasti, jotta saadaan vaurioalueet mahdollisimman luotettavasti rajattua. Jokaista vaurioalueelta otettua, eri materiaalista olevaa näytettä kohtaan otetaan yksi vertailunäyte oletettavasti vaurioitumattomalta samankaltaiselta alueelta ja samasta materiaalista.
- Kun vaurioalueet on rajattu mahdollisimman luotettavasti, mikrobivaurioituneet rakenteet on poistettu tai mekaanisesti puhdistettu ja kastuneet rakenteet koneellisesti kuivattu (riittävä kuivuminen varmistettu sertifioidun rakenteiden kosteudenmittaajan tekemillä kosteusmittauksilla) ja vaurioalue desinfioitu voidaan homeettomaksi siivous suorittaa esimerkiksi TTL:n ([www.ttl.fi](http://www.ttl.fi)) tai Hometalkoiden sivustojen ([www.hometalkoot.fi](http://www.hometalkoot.fi)) ohjeen mukaisella tavalla. Tämän jälkeen voidaan kunnostustyöt suorittaa voimassa olevien rakennusmääräysten mukaisesti.
- Suositellaan kiinteistön omistajalle muutaman kuukauden päästä korjauksesta seurantanäytteiden ottamista. Näin siitä huolimatta, että asumisterveysoppaan mukaan sisäilmanäytteiden ottaminen mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjaamisen jälkeen ei yleensä ole tarpeen, jos korjaukset on tehty asianmukaisesti. Näytteenotto korjausten jälkeen on kuitenkin ainoa keino, jolla voidaan saada varmuutta siihen, että korjaus on onnistunut ja sen vuoksi niiden ottaminen olisi mestarityön kirjoittajan mielestä suositeltavaa.

**Esimerkki 2. Vanha 1900-luvun alun kerrostalohuoneisto, jossa viemärin runkolinjan tukkeutumisen vuoksi viemärivedet ovat nousseet ensimmäisen kerroksen kylpyhuoneen lattiakaivosta kylpyhuoneen vesikynnyksen yli kuivan tilan puolelle eteiseen ja kasteleet rakennusjätetäyttöisen alalaattapalkistovälipohjan.** Toimintaohje:

- Kuivataan mahdolliset irtovedet pois ja asennetaan ensikuivaimeksi poistoletkulla varustettu tilakuivain.
- Tehdään alustavat pintakosteuden mittaukset, jotta saadaan vaurioalue rajattua. Haastatellaan asukkaita, jotta saadaan selvyys, millä alueella vettä on ollut, kuinka kauan ja kuinka paljon vettä on lattialla ollut.
- Vaurion laajuudesta riippuen joko osastoidaan tila tai hyvin pienissä alle 0,5 m<sup>2</sup>:n vaurioissa käytetään tehokasta kohdepoistoa eli tehokasta Hepasuodattimilla varustettua imuria purkutyön yhteydessä.
- Suoritetaan purkutyöt 82-0383 ”Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku”-ohjekortin mukaisesti.
- Suositellaan huoneiston osakkaalle, että lähetetään materiaalinäyte laboratorioon tutkittavaksi, jotta jatkossa tiedetään, minkä suvun mikrobeja tai bakteereita välipohjaeristeeseen oli mahdollisesti kehittynyt.
- Poistetaan kosteusvaurioitunut rakennusjäte välipohjasta kosteusmittausten mukaan, kuivan ja märän raja-alueesta otetaan eristetilaa tyhjäksi reilusti kuivan puolelle. Tällä varmistetaan, ettei eristetilaa jää kastunutta orgaanista ainetta. Lähetetään materiaalinäytteet myös näiltä raja-alueilta laboratorioon tutkittavaksi, jotta saadaan varmuus, että eristetila on tyhjennetty riittävän suurelta alueelta. Näytteet otetaan näytteet analysoivan laboratorion ohjeiden mukaisesti.
- Kuivataan rakenteet, joita ei vaihdeta (esimerkiksi välipohjan pohjalaatta ja kantavat rakenteet). Suositellaan koneellista kuivausta, koska näin saadaan rakenteet nopeammin kuiviksi ja homeelle jää vähemmän aikaa kehittyä. Varmistetaan rakenteiden kuivuus kosteusmittauksilla, esimerkiksi porareikämenetelmällä.
- Desinfioidaan vaurioalueelta rakenteet, joita ei uusittu. Aina kaikkia kosteus- ja homevaurioituneita rakenteita ei taloudellisista syistä voida uusida. Tällaisia rakenteita voivat olla esimerkiksi kantavat rakenteet.
- Huoneiston homeettomaksi siivous TTL:n ([www.ttl.fi](http://www.ttl.fi)) tai Hometalkoiden sivustojen ([www.hometalkkoot.fi](http://www.hometalkkoot.fi)) ohjeen mukaisella tavalla.
- Tehdään kunnostustyöt voimassa olevien rakennusmääräysten mukaisesti.

- Jos jatkossa huoneiston asukkaat oireilevat niin, että huoneistossa epäillään olevan hometta, toimitaan seuraavasti. Otetaan huoneistosta esimerkiksi pyyhintänäytteet tai sisäilmanäytteet ja verrataan niitä kosteusvaurion aikana otettuihin näytteisiin. Näin saadaan selville, onko ilmassa vielä samoja mikrobisukuja kuin kosteusvaurion aikaan oli. Tällaiset seurantamittaukset kannattaa ottaa aikaisintaan kolmen kuukauden päästä korjaustöiden valmistumisesta.

**Esimerkki 3. 2000-luvun kerrostalohuoneisto, jossa astianpesukone on tuntemattomasta syystä valuttanut puhtaat käyttövedet keittiön lattialle. Keittiön laminaattilattia ja välipohjana olevan ontelolaatan pinta on kastunut. Vahingon satuttua kuivausliike on saatu hälytettyä tunnin sisällä paikalle. Toimintaohje:**

- Imuroidaan irtovedet pois laminaatin päältä.
- Siirretään astianpesukone pois paikaltaan ja toimitetaan valtuutettuun huolto-  
liikkeeseen tutkittavaksi. Huoltoliikkeestä saadaan lausunto vuodon syystä va-  
kuutusyhtiötä varten.
- Puretaan laminaatti ja aluskate vaurioalueelta. Rajataan alue pintamittarin avul-  
la. Puretaan varmasti kuivan alueen puolelle.
- Porataan ontelolaatan onteloihin reiät, jotta saadaan suhteellisen kosteuden  
mittarilla selville, onko onteloihin päässyt vettä. Jos on, asennetaan onteloihin  
turbiinikuivaus, ja lisäksi asennetaan ontelolaatan vaurioalueelle levykuivaimet.
- Rakenteiden kuivuminen varmistetaan rakenteiden kosteusmittauksilla, esimer-  
kiksi porareikämenetelmällä. Kun alitetaan normaalilämpötilassa arviointisyvyy-  
dellä 85 %:n ja pinnasta 75 %:n suhteellinen kosteus, voidaan vaurioalue desin-  
fioida ja asentaa uusi laminaattilattia vaurioituneen tilalle.
- Tässä tapauksessa ei ilman erityistä syytä ole aiheellista ottaa mikrobinäytteitä.  
Erityinen syy voi olla esimerkiksi asukkaan oireilu tai yliherkkyys mikrobipitoi-  
suuksille.

**Esimerkki 4. 1970-luvulla rakennettu tasakattoinen, matalaperustainen rivitalo-huoneisto, jossa näkyy paikoin seinien alapinnoilla ja paikoin seinien yläpinnoilla mikrobivaurioon viittaavia tummia jälkiä.**

- Tehdään alustava oirekysely talon asukkaille taulukon 3 (s. 14) mukaisesti.
- Käydään paikan päällä arvioimassa aistinvaraisesti rakennusta.
- Jos aistinvarainen arviointi ja oirekysely viittaavat mahdolliseen homevaurioon, suositellaan homekoiratutkimusta. Homekoiraohjaaja tekee koiran tutkimuksista raportin, jossa hän kertoo koiran merkitsemät paikat ja antaa mahdollisesti oman näkemyksensä merkkeiden luotettavuudesta ja mahdollisista aiheuttajista. Tästä raportista saadaan hyvä lähtökohta jatkotutkimuksille.
- Otetaan selvää talon huolto- ja korjaushistoriasta, mahdollisista aiemmista kosteusvaurioista, selvitetään piirustuksista (jos saatavilla) rakenteet, selvitetään onko talossa mahdollisesti aikakaudelle tyypillisiä riskirakenteita (hometalkoot.fi). Tutkitaan tasakaton ja kattokaivojen kunto. Näiden selvitysten jälkeen tutkitaan rakennus aistinvaraisesti ja tehdään kosteusmittauksia homekoiran merkitsemistä paikoista ja muista mahdollisista riskirakenteista ja päätetään, mistä kohdista rakenteita avataan jatkotutkimuksia varten. Selvitetään myös rakennuksen painesuhteet ja ilmanvaihdon toimivuus [23, s. 12].
- Selvitetään, mistä mahdollinen kosteusvaurio on syntynyt, ja poistetaan kosteusvaurion aiheuttaja.
- Ennen rakenneavauksia tehdään osastoinnit, suojaukset ja alipaineistukset Ratu 82-0383 ”Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku”-ohjekortin mukaisesti.
- Rakenneavausten jälkeen otetaan materiaalinäytteet näytteet analysoivan laboratorion ohjeistuksen mukaisesti. Materiaalinäytteistä laboratorio selvittää mahdollisten mikrobien ja bakteerien suvun ja pitoisuudet. Näytteitä otetaan tarpeeksi kattavasti, jotta saadaan vaurioalueet mahdollisimman luotettavasti rajattua. Jokaista vaurioalueelta otettua eri materiaalista olevaa näytettä kohtaan otetaan yksi vertailunäyte oletettavasti vaurioitumattomalta samankaltaiselta alueelta ja samasta materiaalista.
- Kun vaurioalueet on rajattu mahdollisimman luotettavasti, mikrobivaurioituneet rakenteet on poistettu, kastuneet rakenteet, joita ei uusita, koneellisesti kuivattu, riittävä kuivuminen varmistettu sertifioitujen rakenteiden kosteudenmittaajan tekemillä kosteusmittauksilla ja vaurioalue desinfioitu voidaan homeettomaksi siivous suorittaa esimerkiksi TTL:n ([www.ttl.fi](http://www.ttl.fi)) tai Hometalkoiden sivustojen

([www.hometalkoot.fi](http://www.hometalkoot.fi)) ohjeen mukaisella tavalla. Tämän jälkeen voidaan kunnostustyöt suorittaa voimassa olevien rakennusmääräysten mukaisesti.

- Suositellaan kiinteistön omistajalle muutaman kuukauden päästä korjauksesta seurantanäytteiden ottamista. Näin siitä huolimatta, että asumisterveysoppaan mukaan sisäilmanäytteiden ottaminen mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjaamisen jälkeen ei yleensä ole tarpeen, jos korjaukset on tehty asianmukaisesti. Näytteenotto korjausten jälkeen on kuitenkin ainoa keino, jolla voidaan saada varmuutta siihen, että korjaus on onnistunut.

Näiden ohjeiden lisäksi on muistettava tutkia aina myös ympäröivät rakenteet, kuten kerrostalohuoneistossa alakerran kattopinnat.

Sisäilmanäytteenottoa voidaan käyttää, jos halutaan selvittää esimerkiksi, kulkeutuuko saman rakennuksen toisessa osassa olevasta homevauriosta mikrobipitoisuuksia rakennuksen toisiin osiin rakenteiden epätiivelyskohtien kautta. Sisäilmanäytteenottoa voidaan käyttää myös, jos esimerkiksi jossain rakennuksessa oireillaan tai rakennuksessa on maakellarimainen tuoksu ja mitään selvää kosteus- tai homevauriota ei ole näkyvillä. Tällöin voidaan ottaa sisäilmanäyte homekoiratutkimuksen sijasta. Tällaisessa tapauksessa voidaan myös ottaa sisäilmanäyte ja päättää sen jälkeen, teetetäänkö lisäksi homekoiratutkimus.

Tärkeintä kosteus- ja homevauriokorjauksissa on suunnitella purku-, suojaus- ja kunnostustyöt huolella. Toiminnan on oltava järjestelmällistä. Tehdään osastoinnit, purkutilojen alipaineistukset, purkutöiden suunnittelu ja epäpuhtauksia sisältävien purkujätteidien siirrot niin, etteivät epäpuhtaudet pääse leviämään ympäröiviin tiloihin. On myös suunniteltava tarkoin, missä kohdassa rakennukseen tuodaan uudet korvaavat materiaalit sisälle, jotta ne eivät pääsisi saastumaan sisäilmassa olevista epäpuhtauksista ennen kuin ne asennetaan paikoilleen. Myös työntekijöiden henkilökohtaisiin suojaimiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Kosteus- ja homevaurioituneiden rakenteiden purkutyöt tulee tehdä ohjekortin Ratu 82-0383 ”Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku” mukaisesti. On myös mietittävä etukäteen, otetaanko kohteesta mikrobiologisia näytteitä ja missä vaiheessa niitä otetaan.



## 8 Yhteenveto

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, mikä on tilanne tällä hetkellä PK Kuivaus Oy:n työntekijöillä liittyen mikrobiologisten näytteiden ottoon home- ja kosteusvauriokohteissa sekä koota home- ja kosteusvaurioihin liittyvät oleelliset asiat tämän työn teoriaosuuteen työntekijöiden luettavaksi. Työntekijöiden haastattelun ja teoriaosuuden pohjalta laadittiin ohjeistus, jolla pyritään yhtenäistämään työntekijöiden osaamis- ja tietotasoa koskien home- ja kosteusvaurioita sekä mikrobiologisten näytteiden ottoa. Osaamistason selvitys tehtiin haastattelemalla kosteuskartoittajia sekä yrityksen toimitusjohtajaa. Työssä esitettiin kosteus- ja homevaurioiden syntymekanismit, niiden yleisimmät aiheuttajat ja home- ja kosteusvaurioiden laajuus tällä hetkellä Suomessa sekä mikrobiologiset näytteenottomenetelmät. Työn lopussa on neljä esimerkkitapausta erilaisista home- ja kosteusvauriotapauksista tai -epäilyistä. Esimerkkitapauksissa on annettu suositukset siitä, mikä mikrobiologinen näytteenottomenetelmä soveltuu parhaiten kunkin tyyppiseen kosteus- ja homevauriotapaukseen tai -epäilyyn ja missä vaiheessa projektia näytteet olisi hyvä ottaa ja miksi. Työssä annetaan suositukset myös siitä, milloin apuna kannattaisi käyttää homekoiraa.

## Lähteet

- 1 Kettunen, Ari-Veikko & Viljanen, Martti. Teknillinen korkeakoulu, Talonrakennus-  
tekniikan laboratorio. Kurssimateriaalia RATEKO:n Rakenteiden kosteudenmit-  
taaja-kurssilta. Kosteuskartoitusohje vesivahinkojen tapauksessa.
- 2 Asumisterveysopas, toinen painos. 2008. Pori: Sosiaali- ja terveysministeriö,  
Ympäristö ja Terveys lehti.
- 3 Reijula, Ahonen, Alenius, Holopainen, Lappalainen, Palomäki & Reiman. 2012.  
Rakennusten kosteus- ja homeongelmat, Eduskunnan tarkastusvaliokunnan jul-  
kaisu 1/2012.
- 4 Duodecim, terveyskirjasto. Verkkodokumentti.  
[http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=ltt01728](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=ltt01728). Luettu  
18.11.2014.
- 5 Talkoiden vinkit verkkokauppaan. Verkkodokumentti. <http://www.hometalkoot.fi>.  
Luettu 30.10.2014
- 6 Perustietoa sisäilmasta. Verkkodokumentti. Sisäilmayhdistys.  
<http://www.sisailmayhdistys.fi/>. Luettu 30.10.2014
- 7 Asumisterveysopas. 3. korjattu painos. 2009. Pori: Ympäristö ja Terveys-lehti.
- 8 Kettunen, Ari-Veikko (Vahanen Oy). 2012. Erikoisasiantuntijan kurssimateriaalia  
RATEKO:n Rakenteiden kosteudenmittaaja-kurssilta. Rakenteiden vaurioitumi-  
nen ja rakennusfysiikan perusteet.
- 9 Komu, Harri. 2014. Toimitusjohtaja PK Kuivaus Oy. Keskustelu ja Komun anta-  
mat kommentit opinnäytetyöhön. Helsinki 11.11.2014.
- 10 Ympäristöopas 28. 1998. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotut-  
kimus. 2. tarkistettu painos. Helsinki: Ympäristöministeriö ja Rakennustieto Oy.
- 11 IndoorAid kotisivu, yleistä kosteusvaurioista ja VOC-yhdisteistä sekä tärkeimmät  
mikrobisuvut. Verkkodokumentti. <http://indooraid.com/>. Luettu 8.11.2014
- 12 Ahti-Virtanen, Jaana. 2014. Ylenpalttinen jäähdytys on riski talon rakenteille. Ra-  
kennuslehti, 5.9.2014, s. 8–9.
- 13 Tarkastusvaliokunnan mietintö 1/2013 vp, Versio 0.1. Rakennusten kosteus- ja  
homeongelmat.
- 14 Putus, Tuula. 2014. Home ja Terveys,  
Kosteusvauriohomeiden, hiivojen ja sädesienten esiintyminen sekä terveyshaitat,  
Suomen Ympäristö- ja Terveysalan Kustannus Oy
- 15 Asumisterveys. 2014. Verkkodokumentti. [http://www.vantaa.fi/fi/sosiaali-  
\\_ja\\_terveyspalvelut/terveyspalvelut/ymparistoterveys/asumisterveys#](http://www.vantaa.fi/fi/sosiaali-_ja_terveyspalvelut/terveyspalvelut/ymparistoterveys/asumisterveys#). Luettu  
30.10.2014.
- 16 KoDog, erikoiskoulutetut homekoirat. 2014. Verkkodokumentti. <http://kodog.net/>.  
Luettu 12.10.2014.

- 17 Tikkunen, Mari. 2014. Homekoirayrittäjille tulossa yhteinen tasotesti. Rakentaja, 12.9.2014, s. 20.
- 18 Homekoiran koulutus. 2014. Verkkodokumentti.  
<http://kodog.net/index.php/yritys/homekoiran-koulutus> Luettu 30.10.2014.
- 19 Kodis, Keijo. 2014. Homekoirakouluttaja, homekoiraohjaaja, KoDog. Keskustelu homekoiratutkimuksen yhteydessä. Helsinki 17.10.2014.
- 20 Näytteenotto-ohjeet ja lomakkeet. 2014. Verkkodokumentti.  
<http://www.mikrobioni.fi/palvelut/analyysipalvelut/naytteenotto-ohjeet-ja-lomakkeet/>. Luettu 30.10.2014.
- 21 Ilmanäytteiden ottaminen 6-vaiheimpaktorilla. 2014. Verkkodokumentti.  
<http://www.thl.fi/documents/10531/163988/Ilman%C3%A4ytteiden%20ottaminen.pdf>. Luettu 30.10.2014.
- 22 Merikallio, Niemi & Komonen. 2007. Betonilattiarakenteiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. 2. painos. Suomen Betonitieto Oy.
- 23 Ratu 82-0383. (2011). Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. Rakennustieto Oy.

## Liite 1: Impaktorinäytteenoton valmistelu ja toteutus

### Näytteenoton valmistelu:

Ennen näytteenkeräystä impaktorin tilavuusvirta säädetään 28,3 l/min käyttäen impaktorissa samanlaisia maljoja (halkaisija 9 cm, 25 ml agaria), joita näytteenotossa käytetään. Tutkimukset, joihin Asumisterveysoppaan tulosten tulkintaohjeet perustuvat, on tehty muovimaljoja käyttäen. Ennen jokaista näytteenottoa impaktorin osat puhdistetaan 70 prosenttisella etanolilla ja kuivataan huolellisesti, alla olevan kuvan 12 mukaisesti.



Kuva 12. Andersen keräimen osien puhdistaminen. [18].

Näytteenottokäyntien välillä keräin voidaan desinfoida upottamalla keräimen osat 70 prosenttiseen etanoliin, minkä jälkeen osat valutetaan kuiviksi puhtaan alustan päällä. Tiivisteet poistetaan ennen upottamista ja ne puhdistetaan etanoliin kostetulla paperipyyhkeellä. Tarvittaessa keräin puhdistetaan saippualliuoksella tai ultraäänipesurissa laitetoimittajan ohjeiden mukaisesti. Siiviläosien tukkeutuneet reiät avataan kuivalla paineilmalla.

**Näytteenotto:**

Agarmaljat asetetaan impaktoriin ja maljojen kannet jätetään alaspäin puhtaan alustan päälle. Suositeltava näytteenottoaika on noin 10 minuuttia; lyhyempää näytteenottoaika (esim. 7–10 min) käytetään mitattaessa sulan maan aikana, kun taas pidempi näytteenottoaika (10–15 min) soveltuu esimerkiksi vertailuasunnon näytteille. Näyte otetaan noin 1–1,5 metrin korkeudelta, huoneen keskeltä. Näytteenoton aikana vältetään oleskelua keräimen välittömässä läheisyydessä (<0,5 m). Jokaisesta näytteenotopisteestä otetaan näytteet sekä sienten että bakteerien kasvualustoille. Välittömästi näytteenoton jälkeen keräin puretaan, kannet asetetaan maljojen päälle ja jokaiseen maljaan merkitään vastaava impaktorin vaihe. Saman näytteen maljat (6 kpl) teipataan yhteen, maljapinoon merkitään päivämäärä, näytteen tunnus ja maljat toimitetaan laboratorioon. Näytteenotossa noudatetaan analysoivan laboratorion laatu järjestelmässä annettuja yksityiskohtaisia ohjeita.

Näytteenoton aikana kirjataan muistiin näytteenottaja, alkamis- ja loppumispäivämäärä, kellonaika ja paikka, vallitseva säätila, kuvaukset rakennuksesta, näytteenotopisteestä sekä mahdollisista mikrobihaittaa koskevista havainnoista. Lisäksi kirjataan mittausten aikana tilassa olleiden henkilöiden ja eläinten lukumäärä sekä mittauspäivänä ja mittausten aikana tapahtuneet toiminnot, jotka saattavat vaikuttaa mittaustuloksiin. Nämä tekijät tulee ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa



## Rakennusmateriaalinäytteen ottaminen

### Näytteenottokohdan valinta

Mikrobit voivat elää minkä tahansa materiaalin pinnalla; mm. puun, tapetin, betonin, tiilen, lasivillan tai tasoitteen pinnalla. Mikrobit voidaan myös analysoida mistä tahansa materiaalista, jos näyte pystytään ottamaan. Näytteenottoa varten valitaan vauriokohta tai kohta, jossa vaurion epäillään olevan. Jos kasvustoa epäillään esiintyvän rakenteessa useiden eri materiaalien pinnoilla, kustakin materiaalista otetaan oma näytteensä eri pusseihin. Jos vaurioalue on laaja, tarvitaan myös useampia näytteitä mikrobivaurion laajuuden selvittämiseksi.

### Suojautuminen

Näytteenotossa on käytettävä suojakäsineitä näytteen saastumisen ehkäisemiseksi. Jos näytteenottokohta ja/tai tutkittava tila on hyvin varoitunut, on käytettävä hengityssuojainta ja suojavaatetusta.

### Näytteen ottaminen

Näytteenotossa käytettävien välineiden (esim. puukko, sakset, pinsetit) tulee olla puhtaita ja ne tulee puhdistaa jokaisen näytteen välillä. Välineet voi puhdistaa esim. 80% etanolilla tai isopropanolilla tai kuumalla vedellä ja astianpesuaineella. Materiaalinäyte otetaan noin 10 cm x 10 cm kokoiselta alueelta. Jos materiaali on huokoista (esim. villa, sahanpuru), näytettä otetaan noin 200-300 cm<sup>3</sup> (kourallinen näytettä). Näyttemateriaalia tulisi olla 5-10 grammaa.

Näytettä otettaessa tulee huomioida, että useimmat mikrobit kasvavat materiaalien pinnoilla, joten näyte otetaan enintään n. 0,1-0,5cm syvyydeltä pinnasta tai materiaalista irrotetaan vain vaurioitunut osa.

Jokainen näyte otetaan erikseen omaan puhtaaseen ja suljettavaan muovipussiin (esim. minigrip). Mikäli otetaan useita näytteitä kerralla, identifioidaan pussit näytetunnuksella (esim. 1,2,3,4).

Jokaisesta näytteestä täytetään näytteenottolomake Mikrobionin sähköisen laboratoriojärjestelmän kautta, tai toimitetaan laboratorioon näytteiden mukana tai sähköpostilla.

Näytteet tulisi toimittaa analysoitavaksi mielellään samana päivänä, tai kuitenkin niin, että näytteet saadaan käsittelyyn viimeistään kolmen päivän kuluttua näytteenotosta. Jos näytteiden toimittaminen viivästyy, tulisi näytteitä säilyttää samassa lämpötilassa, kuin ne olivat rakenteissa. Jos näytteet ovat hyvin kosteita tai märkiä, säilytetään ne viileässä (+4-8°C).

### Näytteet toimitetaan osoitteeseen:

Mikrobioni Oy  
PL 1188, Mikrokatu 1  
70211 Kuopio



## Pintanäytteen ottaminen

### Näytteenottokohdan valinta

Pintanäytteenotto soveltuu koville materiaalinpinnoille (esim. kaakeli, muovi, betoni, maali). Näytteenotto tehdään vauriokohdasta tai kohdasta, jossa vaurion epäillään olevan. Mikäli vaurioalue on laaja, otetaan näytteitä 2-5 kpl eri puolilta vauriota. Jos kasvustoa epäillään esiintyvän useiden eri materiaalien pinnoilla, jokaisesta materiaalista otetaan vähintään yksi pintanäyte. Ennen varsinaisia näytteitä otetaan **vertailunäyte/-näytteet** vastavalta **vaurioitumattomalta** pinnalta, riittävän kaukaa vaurioalueesta (esim. eri huoneesta, mutta kuitenkin samasta rakennuksesta, samanlaiselta rakenne- ja materiaalinpinnalta). **Vertailunäyte/-näytteet ovat välttämättömiä tulosten tulkintaa varten.**

### Suojautuminen

Näytteenotossa on käytettävä suojakäsineitä näytteen saastumisen ehkäisemiseksi. Jos näytteenottokohta ja/tai tila on hyvin varioitunut, on käytettävä hengityssuojainta ja suojavaatetusta.

### Näytteen ottaminen

Näytteenotossa käytettävät välineet on saatavissa laboratoriosta (mittakehys, steriilit pumpulipuikot, 5ml puskuriliuosputket). Mittakehys tulee puhdistaa ja kuivata jokaisen näytteen välillä. Kehyksen voi puhdistaa 80 % etanolilla tai isopropanolilla tai kuumalla vedellä ja astianpesuaineella.

Pintanäyte otetaan 10 cm x 10 cm kokoiselta alueelta mittakehystä käyttäen. Jos näyte otetaan kohdasta, jossa mittakehystä ei voida käyttää, otetaan näyte noin 100 cm<sup>2</sup> suuruiselta alueelta.

Pumpulipuikkoon tartutaan vain varren yläpäästä. Steriili pumpulipuikko kostutetaan puskuriliuoksessa (muoviputki jossa 5 ml puskuriliuosta) ja näytealue (mittakehysten sisäalue) sivellään kolmeen kertaan eri suuntiin puikon eri syrjillä. Tämän jälkeen pumpulipuikko pudotetaan samaan puskuriliuosta sisältävään putkeen, jossa puikko oli kostutettu. Puikon varsiosa, josta on pidetty kiinni, katkaistaan pois.

Näyteputket suljetaan ja identifioidaan näytetunnuksella (esim. 1, 2, 3, 4)

Jokaisesta näytteestä täytetään näytteenottolomake Mikrobionin sähköisen laboratoriojärjestelmän kautta, tai toimitetaan laboratorioon näytteiden mukana tai sähköpostilla.

### Kenttänollanäyte

Varsinaisen näytteenoton jälkeen otetaan vielä kenttänollanäyte. Puhdas pumpulipuikko katkaistaan puhtaaseen laimennosliuosputkeen vastaavasti, kuin varsinaiset näytteet. Nollanäyte toimitetaan näytteiden mukana laboratorioon.

**Näyteputket toimitetaan jäähdytyssä kylmälaukussa laboratorioon saman päivän aikana.**